

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

КОИТИРО

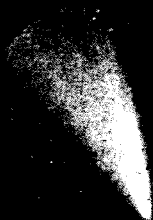
ТОМНТА

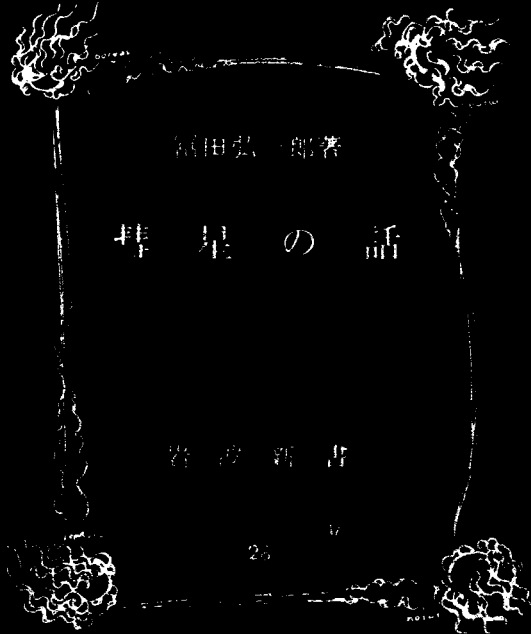
БЕСЕДЫ

КОМЕТАХ



БЕСЕДЫ О КОМЕТАХ





富田弘一郎著

彗星の話

岩波新書

26

**КОИТИРО
ТОМИТА**

**БЕСЕДЫ
О КОМЕТАХ**

перевод
с
японского

Издательство
„Знание“
Москва 1982

ББК 22.655

Т56

Под редакцией кандидата физико-математических наук В. С. СТРЕЛЬНИЦКОГО.

Предисловие кандидата физико-математических наук К. И. ЧУРЮМОВА

Ксигиро Томита

Т56 Беседы о кометах.: Пер. с япон.— М.: Знание, 1982.— 320 с., ил.

60 к.

60000 экз.

Необычный вид комет на небе с хвостами, тянущимися через весь небосвод, возможность столкновения этих небесных тел с Землей, как это, по-видимому, было в случае «Тунгусского метеорита», предстоящее появление кометы Галлея близ Солнца в 1986 г.— все это вызывает пристальный интерес у людей к кометам, к их природе — и ко всему, что связано с ними. Об истории наблюдений комет, способах их обнаружения на небе и современных представлениях о природе комет популярно рассказывается в книге известного астронома, профессора Токийской обсерватории К. Томиты.

Книга рассчитана на самый широкий круг читателей, особенно на тех, у кого есть желание увековечить свое имя в истории астрономии, обнаружив новую комету.

Т $\frac{1705050000-047}{073(02)-82}$ 17-82

ББК 22.655

526

1977 年 10 月 20 日 第 1 刷発行 ©
1979 年 7 月 20 日 第 2 刷発行

© Перевод на русский язык, предисловие,
издательство «Знание», 1982 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ		6	
ГЛАВА	1	ОБНАРУЖЕНИЯ КОМЕТ И ИХ НАЗВАНИЯ	35
ГЛАВА	2	«ОХОТНИКИ ЗА КОМЕТАМИ»	75
ГЛАВА	3	СЛОЖНОСТИ И УДАЧИ В ПОИСКАХ КОМЕТ	113
ГЛАВА	4	ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГЛАЗ И ТЕЛЕСКОП КАК ИНСТРУМЕНТЫ НАБЛЮДЕНИЙ	145
ГЛАВА	5	КОМЕТЫ — РЕДКИЕ ГОСТЫ НА НЕБЕ	187
ГЛАВА	6	РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТ	243
ГЛАВА	7	НЕБЕСНЫЕ ТЕЛА, РОДСТВЕННЫЕ КОМЕТАМ	277
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		309	

ПРЕДИСЛОВИЕ

В середине 80-х годов произойдет интересное астрономическое событие — возвращение знаменитой кометы Галлея к перигелию. Нет сомнения, что 1986 год, в котором комета Галлея приблизится к Солнцу на минимальное расстояние (порядка 0,6 расстояния от Земли до Солнца), будет объявлен Международным годом кометы Галлея. Это будет ее 28-е документально зафиксированное в истории человечества появление вблизи Солнца и Земли, начиная с 86 года до нашей эры.

К этому эпохальному событию начали заранее серьезно готовиться астрономы и в первую очередь исследователи комет на многих астрономических обсерваториях всего земного шара. Приближение кометы Галлея волнует и ученых других специальностей — физиков, химиков, газодинамиков, баллистиков, космогонистов, небесных механиков и т. д. Ведь намечающиеся комплексные научные исследования этой кометы как с Земли, так и из космоса, возможно, позволят разрешить многие вопросы физики, химии, динамики и происхождения комет.

Кометы, по-видимому, являются «первозданными» остатками вещества той первичной околосолярной туманности, которая послужила строительным материалом для конденсации Солнца, планет и малых тел (астероидов и комет) Солнечной системы 4,6 миллиарда лет назад. Следовательно, кометы могут нести в себе ценную информацию о начальных стадиях этого протопланетного облака, и, кроме того, именно кометы могли занести

на Землю ту первоначальную органическую «затравку», послужившую причиной зарождения, развития и распространения органической жизни на Земле.

Последнее вполне могло произойти, так как ядра комет довольно часто сталкивались с Землей, особенно на ранних стадиях развития планетной системы. Сейчас такие столкновения, конечно, крайне редки, однако как раз столкновение небольшого кометного ядра с атмосферой Земли произошло, как полагают многие ученые, 30 июня 1908 года в бассейне Подкаменной Тунгуски («Тунгусский метеорит»). Во всяком случае когда ученые совместными усилиями раскроют тайны кометных ядер, прояснится, может быть, и вопрос о происхождении жизни на Земле.

В настоящее время о кометах нам еще много неизвестно: неясен физический механизм взаимодействия вещества комет с солнечной радиацией, не выяснены причины ионизации кометного газа, вспышек яркости комет, колоссальных ускорений кометной плазмы в ионизованных хвостах и многое другое. А получить представление об этом крайне необходимо, поскольку это даст нам возможность использовать наблюдения комет для диагностики физических условий в межпланетном пространстве, причем не только вблизи плоскости эклиптики, но и на большом от нее удалении. Использование комет в качестве естественных космических зондов позволит и существенно расширить диапазон исследования межпланетного пространства в радиальном направлении — от области внутренней солнечной короны до расстояний

7—10 а. е. (за одну астрономическую единицу, а. е., принято среднее расстояние от Земли до Солнца).

Наземные наблюдения, а также прямое зондирование ядра и атмосферы кометы Галлея с помощью космических аппаратов, видимо, разрешат многие из перечисленных проблем, касающихся комет. В настоящее время в разных странах разработаны программы исследования кометы Галлея путем посылки космических зондов к ее ядру. Большую помощь в осуществлении всей научной программы по наблюдению и космическому зондированию кометы Галлея может оказать и многочисленная армия любителей астрономии.

Даже с помощью своих скромных инструментов астрономы-любители могли бы выполнить ряд полезных физических наблюдений этой кометы: оценить ее блеск, длину хвоста, его позиционный угол и размеры, зарисовать структурные особенности хвоста и т. д. Много полезного, касающегося наблюдений комет, в том числе поиска и открытий новых комет, любители астрономии узнают, прочитав интересную книгу «Беседы о кометах», написанную известным японским астрономом Коитиро Томитой, которому самому удавалось открывать новые кометы и переоткрывать многие короткопериодические кометы. Тот, кто наблюдал кометы, знает, что это наиболее эффектные и красивые объекты на небе, особенно если они достаточно ярки и хорошо видны невооруженным глазом. Слово «комета» пришло к нам из греческого языка: в переводе на русский язык греческое «кометис» означает «волосатый». Действи-

тельно, любая яркая комета с длинным хвостом, появляющаяся на небосклоне, вполне могла показаться древним грекам головой с распущенными волосами.

Кометы возникали неожиданно и в разных частях неба, их появления, казалось, не подчинялись каким-либо закономерностям, как, например, движения Солнца, Луны и планет. Поэтому не удивительно, что древние мыслители, даже такие выдающиеся, как Аристотель, считали кометы лишь случайными земными испарениями, поднимающимися в «зону огня» и там воспламеняющимися в виде гигантских «огненных факелов». Правда, и в те далекие времена находились ученые, не соглашавшиеся с мнением Аристотеля относительно природы комет. Еще в I веке новой эры, например, римский философ Сенека полагал, что комета имеет «собственное место» среди небесных тел, представляя собой одно из «вечных творений природы».

Суеверные же жители Египта, Греции и Рима в древние века испытывали безотчетный страх при появлении на небе ярких комет, которые у них считались зловещим знамением, предшествующим или войнам, или вселенскому мору, или каким-либо ужасным стихийным бедствиям — землетрясениям, наводнениям, засухам и т. п., приводящим к гибели и уничтожению всего живого. Кроме того, в те далекие времена господствовало убеждение, что кометы могут сильно повлиять на поступки и судьбы людей и в первую очередь на «сильных мира сего» — королей, императоров, пап и других.

В 1456 году, когда на небе появилась ярчай-

шая комета, папа Каликст III объявил, что ее форма напоминает турецкий ятаган и это означает готовящееся нападение турок на христиан. Он призвал всех готовиться к войне с турками, а чтобы отвадить «страшную опасность», приказал ежедневно в полдень во всех церквях звонить в колокола и проклинать комету и турок в молитвах. Турки же, увидев, в свою очередь, эту комету (а она была как раз кометой Галлея), заявили, что комета очень напоминает христианский крест, а значит, следует ожидать нападения со стороны христиан.

Весь мир в напряжении ожидал неизбежного начала кровопролитной войны, так как вид кометы был «ужасен»: ее хвост простирался на два «небесных знака» (то есть почти на 60°), имел золотистый блеск и казался бушующим пламенем. Однако вскоре комета исчезла, не оставив никакого следа после себя, и в мире воцарилось спокойствие. И в нашем веке, когда в 1910 году на небе появилась та же самая комета Галлея и по поводу ее появления распространялись самые нелепые слухи о конце света, широкие слои населения охватила паника. Во многих газетах того времени можно было прочесть сообщения такого рода: «Среди населения, особенно в провинции, паника. Многие закупаются кислородом. Были случаи самоубийства от страха. Иные крестьяне в ожидании «конца мира» распродали свое имущество и предаются пьянству».

В то же время в Москве правительство запретило чтение лекций астрономом Баевым, в которых он разъяснял истинные причины появления на небе комет и, в частности, ко-

меты Галлея. А ведь астрономы уже на протяжении нескольких столетий знали немало о кометах, правильно представляя себе их как самостоятельные небесные тела, движущиеся в Солнечной системе под действием силы тяготения.

Одним из первых астрономов, кто с чисто научной точки зрения подошел к исследованиям комет, был Региомонтан, положивший начало тщательным и регулярным наблюдениям каждой появлявшейся и видимой невооруженным глазом кометы. Он первым описал траекторию, по которой двигалась комета 1472 года, ежедневно отмечая ее положение относительно звезд и направление хвоста. В XVI веке другой астроном, Апиан, наблюдая за кометой 1531 года, пришел к выводу, что ее хвост всегда направлен в противоположную сторону от Солнца.

Искуснейший наблюдатель в средние века Тихо Браге, следя в 1577 году со своими учениками из двух удаленных друг от друга обсерваторий за движением яркой кометы на небе, определил ее параллакс относительно звезд. Он оказался значительно меньше лунного, что указало на большую удаленность кометы от Земли по сравнению с Луной и окончательно развеяло неверные представления Аристотеля о кометах как о земных испарениях. Таким образом, стало совершенно ясно, что кометы — это самостоятельные небесные тела, приходящие к нам из далеких глубин космоса.

В 1665 году в Париже состоялся первый международный астрономический съезд, посвященный кометам. Он был организован по

распоряжению короля Франции Людовика XIV, напуганного появлением яркой кометы в конце 1664 года, которая хорошо была видна жителям Северного полушария. «Его величеству» хотелось услышать от ученых мужей, что они думают по поводу этой кометы и не угрожает ли она своим появлением здоровью какой-нибудь царственной особы.

Гипотезы о происхождении комет, которые обсуждались на этом научном форуме, в большинстве случаев носили фантастический характер. Однако были и такие ученые, которых уже затронула коперниканская революция, и они выступили с новыми гипотезами о природе комет, основываясь на наблюдениях Региомонтана, Апиана и Тихо Браге.

В 1704 году Эдмонд Галлей издает книгу «Обзор кометной астрономии», где был помещен первый каталог элементов орбит 24 комет, наблюдавшихся в промежутке с 1337 по 1698 год. В своем каталоге Галлей отметил удивительный факт: три кометы, появлявшиеся в 1531, 1607 и 1682 годах, имели очень близкие друг к другу элементы орбит. Отсюда Галлей совершенно верно заключил, что это не три разные кометы, а одна и та же комета, появления которой соответствуют периоду обращения вокруг Солнца, равному 75—76 лет. Это позволило Галлею предсказать следующее появление этой же кометы в 1758—1759 годах.

Тщательные расчеты движения этой кометы, выполненные астрономами Клеро, Лаландом и Гортензией Лепот, дали результаты, которые полностью подтвердились, когда

комета, совершив полный оборот вокруг Солнца, вновь появилась перед изумленными наблюдателями в марте 1759 года. Это был настоящий триумф закона всемирного тяготения, открытого Ньютоном, а за кометой после этого прочно закрепилось название кометы Галлея, предсказавшего ее появление.

Почти точно по расписанию, рассчитанному астрономами, комета Галлея появлялась и в 1835 и в 1910 годах. Очередное возвращение кометы Галлея к перигелию произойдет 9 февраля 1986 года. Однако уже сейчас начиная с 1977 года ее стараются обнаружить с помощью светосильных телескопов, чтобы уточнить элементы ее орбиты и поточнее определить условия ее видимости на небе при приближении кометы к Солнцу.

Комета Галлея стала первой, открытой «на кончике пера» короткопериодической кометой. В последнем издании каталога кометных орбит Марсдена за 1979 год приводятся сведения уже о 276 кометах, движущихся по эллиптическим орбитам (всего же каталог содержит данные о 659 кометах с известными орбитами). Все короткопериодические кометы можно условно разбить на так называемые планетные семейства: по близости афелия (точки наибольшего удаления от Солнца) кометной орбиты к орбите планеты. Наиболее впечатляющим и, по-видимому, реальным является семейство короткопериодических комет Юпитера, насчитывающее к концу 1980 года 90 членов. Афелии орбит комет этого семейства находятся на расстояниях от 4,1 до 8,5 а. е. от Солнца, а периоды обращения вокруг Солнца варьируются от 3,3 до 15 лет. Но главной особенностью

орбит комет семейства Юпитера является близость их плоскостей к плоскости эклиптики и исключительно только прямые (то есть как и у планет) движения вокруг Солнца. Последняя особенность до сих пор еще не объяснена окончательно, как и не решен вопрос о происхождении этого семейства комет.

К семейству Сатурна условно можно отнести 12 комет с периодами от 10,99 до 17,93 лет, причем здесь уже одна комета (Перрайна) имеет обратное движение. Всего три кометы принадлежат семейству Урана, а вот более далекая планета-гигант Нептун собрала вблизи своей орбиты 10 комет, для которых характерны как прямые, так и обратные движения. К семейству Нептуна относится и знаменитая комета Галлея, обладающая обратным движением по орбите.

Каталог Марсдена содержит также элементы для 285 параболических и 98 гиперболических орбит комет. Элементы орбит претерпевают значительные изменения при сближении кометы с планетами, и особенно сильная трансформация кометной орбиты происходит при тесных сближениях (прохождении через сферу действия планеты) комет с одной из планет-гигантов. Это обстоятельство обязательно нужно учитывать при восстановлении первоначальной орбиты кометы, то есть ее орбиты до прохождения кометой через планетную систему, а также при исследовании вековых изменений элементов орбит как в прошлом, так и в будущем.

Такие расчеты позволяют установить, откуда кометные ядра приходят во внутренние области Солнечной системы, а также окон-

чительно решить проблему происхождения короткопериодических комет. В частности, совместными усилиями Эпика, Я. Оорта, Марсдена, Секанины, Эверхарта, Е. И. Казимирчак-Полонской и Н. А. Беляева была доказана реальность существования на периферии Солнечной системы, на расстоянии 150 000 а. е. от Солнца, неистощимого резервуара кометных ядер, который получил название облака Эпика — Оорта.

Каким же образом кометные ядра попадают из этого облака во внутрь Солнечной системы?

Во-первых, как показали Эпик, Я. Оорт, В. Г. Фесенков, Маковер, Секанина и другие ученые, орбиты комет в таком облаке могут существенно трансформироваться под действием возмущающих факторов. В результате кометные ядра начинают концентрироваться сначала вблизи наиболее удаленной от Солнца планеты-гиганта — Нептуна, а по мнению Е. И. Казимирчак-Полонской, и еще ближе к Солнцу, образуя кометные кольца между планетами-гигантами Нептуном и Ураном, Ураном и Сатурном, Сатурном и Юпитером (подобно астероидному кольцу, заключенному между орбитами Марса и Юпитера).

Эти кометные кольца Казимирчак-Полонской, а также кольцо за Нептуном, предполагаемое Уиплом, должны являться огромными резервуарами кометных ядер. При сближениях кометных ядер с планетами-гигантами их орбиты могут трансформироваться в вытянутые эллиптические орбиты с меньшими перигелийными расстояниями (то есть с расстояниями от Солнца до бли-

жайшей к нему точки орбиты кометы), и в результате комета становится доступной для наблюдений с Земли. Такое представление делает понятным происхождение короткопериодических комет из различных планетных семейств: захват планетой-гигантом кометных ядер из облака Эпика — Оорта или межпланетных кометных колец и трансформация первоначальных орбит в короткопериодические.

Серия последних открытий короткопериодических комет после их тесных сближений с Юпитером (кометы Кирнса — Кви, Гунна, Кодзимы, Чурюмова — Герасименко, Герельса 3 и т. д.) является сильным аргументом в пользу существования кометных колец между планетами-гигантами, а в конечном счете и облака Эпика — Оорта.

Как же могло образоваться кометное облако Эпика — Оорта на окраинах Солнечной системы?

В настоящее время общепринятой является гипотеза о происхождении Солнечной системы из первичного газопылевого облака, имевшего такой же химический состав, что и Солнце. Согласно этой гипотезе планеты-гиганты Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун сконденсировались в холодной части протопланетного облака. По-видимому, остатки реликтового протопланетного вещества как раз и наблюдаются сейчас вблизи планет-гигантов в виде колец. Наличие таких колец у Сатурна, Урана и Юпитера было четко установлено из наблюдений с Земли и с помощью космических аппаратов, а о наблюдении кольца Нептуна сообщал в XIX веке Лассель. Планеты-гиганты, вобрав в себя все наибо-

лее распространенные химические элементы протопланетного облака, увеличивали свою массу настолько, что стали легко захватывать не только пылевые частицы протопланетного облака, но и легкие газы. В этой же холодной зоне образовались и ледяные ядра комет, которые частично пошли на формирование планет-гигантов, а частично, по мере роста масс планет-гигантов, стали отбрасываться гравитационными полями последних на периферию Солнечной системы, где в результате образовался грандиозный источник комет — облако Эпика — Оорта.

Далее, как уже говорилось, трансформация орбит привела к появлению кометных ядер внутри планетной системы, где и начинается одна из наиболее бурных стадий в их жизни. Именно здесь-то они и становятся по-настоящему кометами: из «крохотного» ядра развивается огромная кома (кометная атмосфера) и образуются гигантские различного типа хвосты. Непрерывное возобновление и поддержание в огромном объеме газопылевой кометной атмосферы в течение довольно длительного интервала времени (иногда в течение нескольких лет) является основным свойством ядра кометы.

Ядра комет до сих пор никто никогда не наблюдал, так сказать, в чистом виде, даже с помощью самых мощных телескопов. Этому мешает окружающая кометные ядра светящаяся материя, непрерывно истекающая из ядер. По-видимому, увидеть «чистые» ядра комет мы сможем лишь с помощью космических аппаратов, и, возможно, «пробным камнем» в этом смысле станет комета Галлея.

Согласно современным представлениям, ядро кометы представляет собой своеобразный космический айсберг, состоящий из замороженных газов сложного химического состава, а также из водяного льда и тугоплавкого минерального вещества в виде пыли и более крупных фрагментов. Причем в кометном ядре ледяные слои из замороженных газов чередуются с пылевыми слоями (модель Уипла). По мере прогревания солнечным теплом кометные газы (типа испаряющегося «сухого льда») прорываются наружу, увлекая за собой облака пыли.

Этим объясняется, например, образование газовых и пылевых хвостов у комет, а также способность небольших ядер комет к активному и длительному газовыделению. У комет, совершивших небольшое число прохождений через перигелий, так называемых «молодых» комет, поверхностная защитная корка еще не успела образоваться и поверхность ядра покрыта реликтовыми льдами. Газовыделение протекает очень интенсивно путем прямого испарения из твердой фазы. В спектре такой кометы преобладает отраженный солнечный свет, что позволяет и спектрально отличать «молодые» кометы от «старых».

Обычно к «молодым», или «новым», относят кометы с очень большими полуосями орбит, так как предполагается, что такие кометы впервые проникают во внутренние области Солнечной системы. «Старые» кометы имеют короткий период обращения вокруг Солнца, как у многократно проходивших перигелий. У «старых» комет при повторных возвращениях к Солнцу лед подтаивает все больше и

больше, его поверхность «загрязняется», и он становится подобен ледниковой морене. Образовавшийся у таких комет тугоплавкий экран-матрица должен хорошо защищать находящийся под ним лед от воздействия солнечного тепла. Это наглядно подтвердили в своих лабораторных экспериментах с искусственными кометными ядрами ленинградские физики Е. А. Каймаков и В. И. Шарков. Тем самым впервые объяснилось такое, казалось бы, малопонятное явление, как незначительность воздействия солнечного тепла и света на ледяное ядро кометы при его прохождении вблизи Солнца, а даже иногда и через внутренние слои солнечной короны. Дело оказалось в том, что при переходе кометного льда из твердого фазового состояния в газообразное на поверхности ледяного ядра кометы образуется рыхлый, пористый и тугоплавкий слой, обладающий высокими теплоизоляционными свойствами. Последнее мешает быстрому проникновению солнечного тепла в более глубокие слои ядра, где располагается реликтовый, «материковый» лед — своеобразная вечная мерзлота.

Кометные ядра с периодами от 3 часов до нескольких недель вращаются вокруг своих осей под действием реактивной отдачи потоков газа, прорывающихся сквозь поверхностный защитный экран-матрицу. В результате ядро равномерно прогревается со всех сторон, и на его поверхности отсутствуют резкие температурные перепады. Поэтому-то даже в тех случаях, когда ледяное ядро проносится через высокотемпературную плазму солнечной короны, теплозащитный экран-матрица предохраняет глубинный лед от интенсивно-

го таяния и испарения и его температура не поднимается выше -80°C .

Массы ядер комет заключены в пределах от нескольких тонн (микрокометы) до нескольких сотен и, возможно, тысяч миллиардов тонн. Размеры ядер комет невелики — от нескольких десятков метров до нескольких километров (в среднем около 1 километра). И естественно, чтобы рассмотреть такое маленькое ядро в телескоп с разрешающей способностью $0,2''$, необходимо, чтобы комета прошла очень близко от Земли — на расстоянии 1 миллиона километров, то есть хотя бы на расстоянии, в 2,5 раза большем, чем до Луны. Однако вероятность таких сближений комет с Землей ничтожно мала, и поэтому увидеть ядро кометы с Земли практически невозможно.

Увидеть комету на значительных расстояниях от Земли (кометы Виртанена и Шустера наблюдались на расстояниях 10—11 а. е.) нам позволяет гигантская атмосфера, окружающая ее ядро, — кома, которая вместе с ядром составляет голову кометы. Различают три области комы: наиболее близкая, прилегающая к ядру область — внутренняя, или молекулярная (химическая и фотохимическая), кома; видимая кома, или кома радикалов; ультрафиолетовая, или атомная, кома. Размеры этих трех ком зависят от расстояния кометы до Солнца. На расстоянии в 1 а. е. от Солнца средний диаметр внутренней комы равен около 10^4 километров, видимой комы — примерно от 10^5 до 10^6 километров, ультрафиолетовой комы — около 10^7 километров (диаметр Солнца равен $1,4 \cdot 10^6$ километров).

Благодаря тому, что молекулы видимой комы интенсивно переизлучают солнечный свет в некоторых наиболее характерных для комет участках спектра (механизм резонансной флуоресценции), многие яркие кометы бывают хорошо видны невооруженным глазом. Ультрафиолетовая кома, представляющая собой гигантское водородное облако вокруг кометного ядра, была открыта впервые у ярких комет Таго — Сато — Косака и Беннета, наблюдавшихся в ультрафиолетовых лучах в 1970 году с помощью орбитальной астрофизической обсерватории. Затем такое же водородное гало наблюдалось и у кометы Когоутека в 1973—1974 годах.

Однако наиболее грандиозными образованиями у комет являются их хвосты, обычно направленные в противоположную от Солнца сторону. Русский астроном Ф. А. Бредихин предложил различать три типа кометных хвостов в зависимости от величины отталкивающей силы, действующей на частицы хвоста кометы (сила давления света минус сила притяжения). В действительности же можно ограничиться только двумя типами хвостов: прямыми, светящимися ярким голубым светом, и искривленными, изогнутыми хвостами, слабо светящимися желтоватым светом.

Дело в том, что в ядрах комет присутствуют два типа вещества: замерзшие газы и пыль. Выделяясь наружу, газ образует прямолинейный голубой хвост, а пыль, сортируясь по размерам, создает изогнутый желтый хвост. Иногда в ярких кометах наблюдаются одновременно оба типа хвостов: голубой (газовый) и желтый (пылевой). Пылевые

хвосты светят отраженным солнечным светом, поэтому-то они и желтоватые. Газовые хвосты светят за счет резонансной флуоресценции входящих в них газов. Этот механизм является частным случаем более общего механизма — люминесценции. Всем известно свечение люминесцентных ламп («дневного света») над витринами магазинов. Аналогичный механизм заставляет светиться газы и в кометах.

Правда, в рекламных люминесцентных трубках свечение газов возникает от ударов электронов, ускоряемых электрическим полем, люминесценция же комет вызывается фотонным излучением Солнца. Молекулы кометных газов поглощают энергию солнечных лучей и сразу же излучают ее сами без изменения длины световых волн. Такое холодное свечение кометных молекул и называется резонансной флуоресценцией. С помощью спектрального анализа были обнаружены в головах и хвостах комет атомы, молекулы, ионы и пылевые частицы: органические (атомарный и молекулярный углерод, трехатомный углерод, гидрид углерода, циан, окись углерода, сульфид углерода, цианид водорода, цианистый метил), неорганические (водород, нитрит водорода, NH_2 , кислород, гидроксил, вода), металлы (натрий, кальций, хром, кобальт, марганец, железо, никель, медь, ванадий), ионы (окиси углерода, двуокиси углерода, гидрида углерода, циана, молекулярного азота, гидроксила, воды, гелия) и пыль (силикаты).

Вдали от Солнца спектр комет имеет непрерывный характер, но начиная с расстояния 3 а. е. от Солнца в спектре появляется пер-

вая эмиссионная линия молекулы циана, а затем постепенно становятся заметны эмиссионные линии и других молекул и атомов. Спектральные линии металлов появляются только у комет с наименьшим перигелийным расстоянием, проходящих через солнечную корону. Наличие металлов в ядрах комет указывает на генетическую связь кометного, метеороидного и метеоритного веществ в Солнечной системе. Однако наблюдаемые в кометах молекулы и атомы в большинстве случаев являются «обломками» более сложных родительских молекул или молекулярных комплексов, из которых состоит ледяное кометное ядро.

Природа родительских молекул кометных ядер до сих пор не разгадана. Пока ясно одно, что это очень сложные молекулы типа аминокислот, цианополининов или молекулярные комплексы типа клатратных гидратов (какая-либо молекула, окруженная шестью молекулами воды) или молекулярных кластеров (ионов в окружении нейтральных молекул). Загадка родительских кометных молекул может быть разгадана только путем прямого зондирования кометного ядра с помощью космических аппаратов.

Чем раньше комета становится объектом наблюдений, тем больше сведений получают о ее развитии, движении и взаимодействии с межпланетной средой. Поэтому систематические наблюдения всех появляющихся на небе комет, а также поиски новых комет имеют чрезвычайное значение. Здесь большую пользу для кометной астрономии могут принести любители астрономии. Если слабые кометы (слабее 13^m могут быть открыты

только фотографическим путем астрономы-профессионалами, использующими светосильные телескопы, то более яркие кометы (от 12^т и ярче) в основном открываются астрономами-любителями. Как показал Э. Эверхарт, астрономы-любители с помощью небольших телескопов, а порою и невооруженным глазом смогли открыть 98% долгопериодических комет в прошлом столетии и 74% в этом веке.

Как же ищут кометы?

Вдали от Солнца каждая комета выглядит, как туманное пятнышко, но, конечно, не каждое туманное пятнышко, обнаруженное среди звезд, является кометой. На небе, помимо звезд, имеются и различные диффузные туманные объекты: планетарные и диффузные туманности, шаровые скопления, галактики. Все они по внешнему виду очень напоминают кометы, и поэтому, прежде чем приступить к систематическим поискам комет, необходимо предварительно изучить звездное небо и расположение на нем постоянных туманных объектов.

Чаще всего кометы открывают на утреннем небе. Из 337 комет, движущихся по долгопериодическим орбитам и наблюдавшихся в интервале с 1840 по 1967 год, на утреннем небе было открыто 53% комет с прямым движением и 69% с обратным движением. Анализ предварительных эфемерид и условий видимости позволяет заключить, что эти цифры в потенциале должны составлять соответственно 70 и 81%. Следовательно, просмотру утреннего неба нужно уделять наибольшее внимание. Значительная часть комет была открыта и на вечернем небе.

Все это указывает на то, что полный обзор неба достаточно проводить один раз в 2—3 суток, но ежедневно, когда нет Луны, искать кометы на вечернем и утреннем небе. Наибольших успехов в поисках новых комет за последние 20—30 лет достигли астрономы-любители в Японии. Среди японских первооткрывателей комет много известных астрономов-любителей, открывших уже несколько комет: Хонда (12 комет), Секи (6), Икейя (5), Фудзикава (4), Сато (4), Таго (2), Мори (2) и другие. В последнее время прославился еще один «охотник за кометами», австралиец Уильям Бредфилд, открывший за 8 лет (1972—1980 годы) 11 новых комет.

В Советском Союзе начиная с 1921 по 1980 год открыто 17 новых комет. 24 апреля 1921 года астроном Казанской обсерватории А. Д. Дубяго обнаружил новую комету (10^m), двигавшуюся по эллиптической орбите. 14 октября 1923 года он же обнаружил вторую комету (8^m), которую несколько раньше открыл испанец П. Бернард. 22 марта 1925 года на пластинках двойного астрографа в Симеизе новую комету (11^m) открыл Г. А. Шайн. Эту же комету независимо также обнаружил испанский астроном К. Сола.

2 августа 1929 года открыл короткопериодическую комету Г. Н. Неуймин, а 17 июля 1936 года новую комету обнаружил астроном Ташкентской обсерватории С. М. Козик (ее независимо также открыли С. Кахо из Японии и Лис из Чехословакии). 20 сентября 1936 года, открыв новую комету, вновь отличился Г. Н. Неуймин, ее же независимо обнаружил Джексон из Йоганнесбурга.

17 января 1939 года открыли кометы С. М. Козик в Ташкенте и независимо Л. Пелтье в Дельфосе (США).

15 апреля 1939 года открыли комету астрономы-любители С. Н. Юрлов и П. В. Ахмаров в СССР и независимо А. Хассель в Норвегии. Эта комета с ярким хвостом была названа кометой Юрлова — Ахмарова — Хасселя, и, следовательно, впервые в названии комет появились фамилии советских астрономов-любителей. 25 июля 1941 года Г. Н. Неуймин опять обнаружил новую комету, которую независимо также открыли Дютуа из Блюмфонтейна и бельгийский астроном Дельпорт. 18 декабря 1943 года Г. А. Тевзадзе в Грузии открыл комету, которую независимо обнаружили американец Ф. Уипл и немец К. Федтке.

В 1949 году на пластинках в Симеизе обнаружила комету П. Ф. Шайн, а двое суток спустя ее открыл П. Шальдах. 14 июля 1955 года новую комету открыл А. М. Бахарев, а 13 часов спустя ее обнаружили астрономы-любители Л. Макфарлан и К. Кринке (фамилии которых также вошли в название кометы). 16 октября 1957 года в бинокль открыл новую комету ашхабадский астроном И. Н. Латышев, и только двое суток спустя ее обнаружили швейцарский астроном П. Вилд и американский астроном-любитель Р. Бернем. Однако сообщения о новой комете пришли в Международное бюро астрономических телеграмм почти одновременно, и комета получила название кометы Латышева — Вилда — Бернема.

После этого только через 12 лет в СССР вновь удалось открыть новую комету —

23 октября 1969 года короткопериодическую комету обнаружили К. И. Чурюмов и С. И. Герасименко на пластинках, полученных ими в сентябре 1969 года на Алма-Атинской астрономической обсерватории. 1 апреля 1975 года астрономы из Крыма Т. М. Смирнова и Н. С. Черных открыли еще одну короткопериодическую комету, а 19 августа 1977 года опять же короткопериодическую комету обнаружил Н. С. Черных на пластинках службы малых планет в Крымской астрофизической обсерватории. Последней пока кометой, открытой в СССР, остается комета Черниса — Петраускаса, обнаруженная двумя студентами из Вильнюсского университета К. Т. Чернисом и Й. З. Петраускасом 31 июля 1980 года, когда они находились на строящейся на горе Майданак астрономической станции Института физики АН Литовской ССР.

Из 17 открытых комет в СССР 8 являются короткопериодическими, подобно комете Галлея, но со значительно меньшими периодами обращения вокруг Солнца, а остальные 9 — почти параболическими, впервые зашедшими из облака Эпика — Оорта вовнутрь планетной системы. Всего же из 260 новых комет, открытых в течение 1921—1980 годов, только 17 приходится на долю советских астрономов, что составляет только 6,5%. Это очень мало, если учесть огромную протяженность нашей страны, территория которой простирается на 10 часовых поясов.

Кроме того, среди этих советских первооткрывателей комет 12 астрономов-профессионалов, для которых открытие новых комет является ценным, но все-таки побочным

продуктом их наблюдательской деятельности. Лишь четверых можно отнести к астрономам-любителям: С. Н. Юрлова, И. В. Ахмарова, К. Т. Черниса и Й. З. Петраускаса, которые могли бы более целеустремленно заниматься поисками и визуальными наблюдениями комет. Правда, Чернис и Петраускас, закончив вуз, тоже перейдут в разряд астрономов-профессионалов, и поэтому, строго говоря, только двое астрономов-любителей в СССР имеют на своем счету открытые ими кометы.

Такое положение вещей, естественно, нельзя считать нормальным, так как в Советском Союзе есть очень много астрономов-любителей, способных наблюдателей и отличных знатоков звездного неба. А это ведь потенциальные первооткрыватели комет, которые могли бы составить серьезную конкуренцию «охотникам за кометами» из Японии, территория которой захватывает лишь один часовой пояс. Среди хорошо подготовленных наблюдателей, способных открыть новую комету, Ю. Нестеров из города Ливны, С. Гурьянов и Ю. Баталов из Сибири, Л. Сикорук с членами своего максутовского клуба из Новосибирска, А. Майдик с членами астрономического кружка «Астрономия» в Донбассе и другие. Все эти фамилии могли бы навечно быть занесены в названия комет.

Особо желательным было бы подключение к активным поискам и наблюдениям комет многочисленных любителей астрономии на Дальнем Востоке и в Приморском крае, где имеются хорошие астроклиматические условия для поисков комет, в частности в зим-

нее время, когда европейская часть СССР чаще всего закрыта сплошными облаками. Сейчас при посредстве Киевского университета на Уссурийской солнечной станции Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) организуется астрономическая кометная служба (с этой целью там устанавливается двойной 40-сантиметровый астрограф). В результате любители астрономии Приморья смогут оперативно получать необходимую информацию у сотрудников кометной группы ДВНЦ В. Д. Дьяконовой и В. Л. Окнянского, которые имеют непосредственную связь (по телетайпу) с рабочей группой «Кометы» секции «Солнечная система» Астросовета АН СССР. Эта рабочая группа координирует кометные исследования в Советском Союзе и выпускает «Кометный циркуляр», в котором содержатся все необходимые сведения о новых кометах и других малых телах Солнечной системы.

Обнаружив неизвестный ему диффузный объект, астроном-любитель должен убедиться, что тот является кометой (по движению, по хвосту). Если у него нет под рукой подробных карт звездного неба и последних номеров «Кометного циркуляра», он должен позвонить в ближайшую астрономическую обсерваторию или по междугородному телефону связаться с рабочей группой «Кометы» при Киевском государственном университете (телефон 25—87—71) или по телеграфу «Киев — Солнце» и подробно сообщить о своем открытии. Если кометная природа обнаруженного объекта не вызывает сомнений, астроном-любитель должен немедленно телеграфировать о своем откры-

тии в Москву (ГАИШ, Университетский проспект, 13) или опять же в Киев.

По положению, принятому Президиумом Астросовета АН СССР, каждый советский первооткрыватель кометы награждается медалью Астросовета АН СССР «За обнаружение новых астрономических объектов». В СССР за открытие новых комет такими медалями награждены С. М. Козик, А. М. Бахарев, С. И. Герасименко, К. И. Чурюмов, Т. М. Смирнова, Н. С. Черных (дважды), К. Т. Чернис и И. З. Петраускас.

Каждый астроном-любитель при настойчивых и целеустремленных поисках комет имеет шанс открыть новую комету в среднем за 250—300 часов наблюдений. Здесь «охотников за кометами» должна вдохновить настойчивость К. Т. Черниса, который провел у бинокля 808 часов, прежде чем ему удалось открыть новую комету. И чтобы эти поиски были более плодотворными, очень полезно будет прочесть книгу К. Томиты «Беседы о кометах», которая должна стать как бы учебным пособием для каждого, пожелавшего заняться «охотой за кометами». Однако эта книга представляет и самостоятельный интерес для широкого круга читателей, интересующихся современными проблемами астрономии.

К. И. ЧУРЮМОВ,
ученый секретарь рабочей группы «Кометы»
Астросовета АН СССР.

ДЕСЕДЫ КОМЕТАХ



В 1978 году Токийская обсерватория отмечала свой 100-летний юбилей. В настоящее время Токийская обсерватория располагается на горе Дохэй в районе Митака в префектуре Сайтама, где окружающие горы закрывают ее от городских огней, а воздух менее загрязнен промышленными выбросами в атмосферу.

Это месторасположение создает благоприятные условия для работы астрономов, хотя обсерватория расположена теперь не так близко от Токио.

История написания данной книги и опубликования ее издательством «Иванами Синсе» сводится в двух словах к давнему знакомству автора с научно-популярной серией этого издательства «Книги о науке». В этой серии ранее были опубликованы и работы, посвященные проблемам астрономии, в частности интересная книга Фурусуми «Измерить Землю». Многие фотографии для этой книги были представлены Токийской обсерваторией.

В последнее время в связи с появлением комет Когоутека и Веста возрос общий интерес к этому разделу астрономии,

что нашло отражение, в частности, в ряде передач радиотелекомпаний на эту тему.

Знакомство работников издательства с работой Токийской обсерватории, беседы о проблемах астрономии, в частности о кометах, и их предложение написать об этом отдельно и побудили автора к написанию «Бесед о кометах».

Данная книга — не учебное пособие, отличается она и от просто книги для чтения. Ее основная цель заключается в том, чтобы внушить читателю мысль, что астрономы, хотя они и занимаются, в частности, изучением такого небесного явления, как кометы, все же остаются вполне «земными» людьми и что, по существу, любой человек, в любой стране мира может, соревнуясь и сотрудничая с другими, быть причастен к такому делу, как открытие, наблюдение и изучение комет.

Кометы представляют собой явление, давно известное в астрономии, и тем не менее многое о них остается неизвестным и попросту загадочным. В настоящее время, когда во многом еще господствует недооценка важности малых тел Солнечной систе-

мы, понемногу все же начинает пробивать себе дорогу новая точка зрения на значение комет. Так, в Японии каждый год любители астрономии, входящие в местные общества любителей астрономии, собираются на общее заседание, посвященное проблемам изучения комет, в котором участвуют и астрономы-профессионалы. Профессионалы и любители с большим интересом совместно обсуждают результаты поиска, наблюдения и изучения этих небесных тел.

Автор приносит благодарность тем, кто предоставил необходимые материалы, в том числе фотографии и рисунки, использованные в этой книге. Особую признательность мне хотелось бы высказать двум людям, бывшим на протяжении более 30 лет директорами Токийской обсерватории, — Хидево Хироэ и Масааки Хурухата. Они были моими учителями и наставниками в работе над темой «Изучение малых тел Солнечной системы» и в разработке новых методов наблюдений небесных тел. Пользуясь случаем, хочу выразить им мою глубокую благодарность.

ГЛАВА 1

ОБНАРУЖЕНИЯ
КОМЕТ
И ИХ
НАЗВАНИЯ



НАБЛЮДАВШАЯСЯ НА ВОСТОЧНОМ НЕБЕ КОМЕТА ВЕСТА

3 марта 1976 года в восточной части неба наблюдалась комета с длинным хвостом, имевшая такую яркость, что ее можно было принять за небольшое облачко. Она имела форму штрихового иероглифа, написанного кисточкой с постепенным усилением нажима, размашисто и небрежно, да к тому же левой рукой. Голова кометы, кончик этого значка, светилась так же ярко, как «утренняя звезда» — планета Венера. Хвост кометы, несколько наклоненный к линии горизонта, был слегка изогнут. Средняя часть кометы, между головой и концом хвоста, или средняя часть этого, так сказать, «птичьего пера», имела бледно-розовый оттенок.

Комета была настолько внушительных размеров, что при фотографировании вполне могла заполнить весь кадр обычной 35-миллиметровой фотокамеры. Поистине это была самая крупная комета XX века (рис. 1).

Получившая название кометы Веста 1975 и она была впервые обнаружена еще в октябре предыдущего года, но тогда астрономы весьма осторожно высказались относительно ожидаемой ее максимальной яркости. И поскольку в газетах почти ничего не сообщалось о комете, число людей, которым посчастливилось увидеть это поистине великолепное зрелище (за исключением, естественно, тех, кто имел к этому непосредственное отношение), ограничилось, по сути дела, теми немногочисленными счастливи-



Рис. 1. Комета Веста (1975n)

ками, вроде всегда рано встающих доставщиков молока или разносчиков газет, да еще моряков, стоявших в эти утренние часы на вахте на кораблях, шедших тихоокеанскими трассами.

ТАК И НЕ СТАВШАЯ ЯРКОЙ КОМЕТА КОГОУТЕКА

Почему же о комете Веста соответствующим образом не было заранее сообщено?

Дело в том, что примерно за два года до описываемых событий, в конце 1973 года и в начале следующего, наблюдалась крупная комета, получившая название кометы Когоутека. Она была открыта в марте 1973 года, когда находилась от Земли на расстоянии, примерно в 6 раз превышавшем расстояние от Земли до Солнца, то есть была на расстоянии около миллиарда километров. По своей яркости комета в это время соответствовала звезде 16-й величины, или, иначе говоря, была в 10 000 раз слабее самых слабых звезд, видимых еще невооруженным глазом¹.

Однако предполагали, что несколько позже, после октября этого же года, она должна была стать исключительно яркой кометой по мере приближения к Солнцу. Как раз в это время Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) в более ранние

¹ Видимая яркость или блеск небесных объектов измеряется в так называемых звездных величинах, о которых более подробно будет рассказано дальше (см. стр. 146).— *Прим. ред.*

сроки, чем предполагалось, завершило программу исследования поверхности Луны с помощью пилотируемых космических кораблей «Аполлон» и приступило к программе использования орбитальной космической станции «Скайлэб» («Летающая лаборатория»). Согласно этому проекту, для реализации которого предполагалось использовать мощные ракеты «Сатурн», оставшиеся после завершения программы «Аполлон», предусматривалось вначале запустить в космос станцию «Скайлэб» без экипажа. Затем на ней должны были работать, сменяя друг друга, три экипажа астронавтов по три человека, которым предназначалось провести различные эксперименты.

В мае 1973 года в США, с космодрома им. Дж. Кеннеди (мыс Канаверал), был успешно произведен запуск космической станции «Скайлэб», которая вышла на расчетную околоземную орбиту. Согласно намеченному плану первые ее два экипажа провели в космическом полете на околоземной орбите соответственно 28 и 59 суток. Что же касается третьего экипажа, то программа его работы на борту «Скайлэба» была расширена и предусматривала проведение наблюдений кометы Когоутека.

Здесь уместно напомнить, что земной шар покрыт толстым и плотным слоем атмосферы, который лишь частично пропускает электромагнитное излучение из космоса. Даже мощное солнечное излучение достигает поверхности Земли только в видимой области своего спектра (от фиолетовых до красных лучей) и лишь частично в лучах с большей длиной волны (инфракрасное излу-

чение), а также доходит часть радиоволн, имеющих еще бóльшую длину волны. Коротковолновое же электромагнитное излучение совершенно не доходит до поверхности Земли. Таким образом, наблюдая Солнце с поверхности Земли, мы лишены возможности составить картину о нем во всех подробностях.

После окончания второй мировой войны американские ученые стали запускать в верхние слои атмосферы исследовательские ракеты, созданные на основе модернизации ракет «Фау-2», взятых в качестве трофея у нацистской Германии. В результате было получено много данных о коротковолновом излучении Солнца в диапазоне от ультрафиолетовых до рентгеновских лучей, и стало возможным увидеть, так сказать, «подлинное лицо» Солнца.

Усовершенствование исследовательских ракет в конце концов привело к созданию искусственных спутников Земли. Наблюдения небесных тел с использованием этих новых средств исследования, проводимые за пределами земной атмосферы, обусловили открытие новых наблюдательных фактов и физических явлений, что было бы невозможно сделать при наблюдениях с поверхности Земли.

Характерной чертой космической станции «Скайлэб» было наличие на ней не обычной автоматической аппаратуры для внеатмосферных наблюдений, а аппаратуры, непосредственно управляемой находившимися на борту астронавтами. Наблюдение комет такими средствами является весьма эффективным, и на него возлагались большие надеж-



Рис. 2. Комета Когоутека (1973f)

ды. Сообщение о программе полета станции «Скайлэб» в прессе вызвало оживленную реакцию у людей. Стало широкоизвестным словосочетание «комета Когоутека», и очень многие с жадным интересом следили за западной частью небосвода в начале 1974 года.

Однако вопреки ожиданиям комета Когоутека не стала ощутимо яркой. В крупных городах (подобных, скажем, Токио) из-за обилия городских огней и общего зарева над городом вообще невозможно было что-либо различить невооруженным глазом, при наблюдениях же в бинокль можно было увидеть только короткий хвост у кометы. И только те, кто находился в затемненной местности, то есть в отсутствие искусственных источников света, смогли в полной мере получить удовольствие от зрелища кометы Когоутека с длинным хвостом, когда она появлялась над линией горизонта (рис. 2).

НЕОПРАВДАВШЕЕСЯ ПРЕДПОЛОЖЕНИЕ О СИЛЬНОМ «МЕТЕОРНОМ ДОЖДЕ»

Таким образом, заранее созданная, необоснованно раздутая реклама кометы Когоутека фактически не оправдалась. Подобное произошло и за год до этого, когда астрономов-профессионалов постиг еще один случай неоправдавшихся больших надежд.

9 октября 1972 года Земля сильно сближалась с орбитой кометы Джакобини — Циннера. Период обращения этой кометы вокруг Солнца составляет шесть с половиной

лет, она представляет собой пример так называемых короткопериодических комет. Орбиты комет Веста и Когоутека имеют форму очень сильно вытянутого эллипса, и время, необходимое для совершения ими одного оборота вокруг Солнца, может превышать 1000 лет. Однажды удалившись от Солнца, они, как правило, больше уже не возвращаются. Такого рода кометы называются долгопериодическими. Если говорить о короткопериодических кометах, то есть с периодом обращения, не превышающим 200 лет, то таких комет в настоящее время насчитывается более 100. Известная комета Галлея имеет период обращения 75 лет, и со времени ее первого наблюдения она 29 раз приближалась к Солнцу. Комета Джакобини—Циннера открыта в 1900 году, и с тех пор ее прохождение вблизи Солнца отмечалось 10 раз.

Под воздействием солнечного излучения происходит выделение газов и пыли из ядер комет (о чем подробнее будет рассказано дальше). Хвост кометы как раз и есть внешнее проявление этого процесса, причем газы, увлекаемые солнечным ветром, уносятся в межпланетное пространство, а пылевые частицы, будучи более тяжелыми, отделившись от головы кометы, движутся почти по той же самой орбите, что и голова, но только с некоторым запаздыванием. Все это похоже на скачки на ипподроме, где после общего старта кто-то из участников вырывается вперед, а кто-то отстает, и в результате все вытягиваются в длинную цепочку.

С течением времени кометная пыль рассеивается вдоль орбиты кометы. Если Земля пересекает в своем движении орбиту кометы,

то сталкивается с этой массой кометной пыли. К счастью, однако, Земля окружена атмосферой, и поэтому космическая пыль не может достичь земной поверхности. Проникая в атмосферу, пылевые частицы нагреваются вследствие трения о воздух и вскоре начинают ярко светиться, видимые с Земли как «падающие звезды» — метеоры. Почти вся эта масса пыли сгорает в атмосфере, и в случае встречи Земли с таким скоплением кометной пыли возникает явление, называемое «метеорным дождем».

В 1933 и 1946 годах Земля пересекала орбиту кометы Джакобини — Циннера, в связи с чем каждый раз наблюдался большой «метеорный дождь»: в 1933 году — в Европе, а в 1946 году — в Америке. Причем в моменты максимума «метеорного дождя» в течение 1 минуты можно было насчитать несколько сот метеоров.

Поскольку комета Джакобини — Циннера имеет период обращения шесть с половиной лет, то каждые 13 лет ее сближение с Землей происходит в одинаковых условиях (так как Земля за это время сделает также целое число оборотов. — *Прим. ред.*). Ожидалось, что при следующем таком сближении, то есть в 1959 году, вновь выпадет «метеорный дождь» (на сей раз над Азией). Однако орбита кометы сильно изменилась под воздействием притяжения Юпитера, и сближения с Землей не произошло.

В 1966 году комета вновь приблизилась к Юпитеру, и опять изменила свою орбиту. Как показали расчеты, в 1972 году комета должна приблизиться к Земле, причем условия сближения казались очень благоприят-

ными для наблюдения «метеорного дождя», который ожидался намного бóльшим по сравнению с двумя предыдущими. Предполагалось, что наилучшими условия наблюдения будут в Восточной Азии, и прежде всего в Японии. Астрономы, как профессионалы, так и многие любители, с нетерпением ждали этого события.

Показателен следующий факт. В те годы большой популярностью в Японии пользовались площадки для боулинга, которые в вечернее время освещались мощными осветительными средствами типа прожекторов. Из-за этого ночное небо имело постоянное зарево, ставшее серьезной помехой при наблюдениях небесных тел. В Японии была проведена широкая кампания под лозунгом максимального уменьшения ночного освещения (по крайней мере 9 октября, когда и ожидался сильный «метеорный дождь»). Ее возглавил так называемый «Комитет защиты звездного неба Японии». Газеты также уделили этому вопросу больше внимание, и в результате были созданы предельно благоприятные условия для превращения ночи с «метеорным дождем» в действительно темную со звездным небом. Однако никакого сильного «метеорного дождя» не случилось, и даже астрономы насчитали всего лишь несколько слабых метеоров.

НАБЛЮДАВШАЯСЯ ДНЕМ КРУПНАЯ КОМЕТА

И ошибка в расчетах ожидавшейся яркости кометы Когоутека, и неоправдавшиеся надежды по поводу «метеорного дождя» от

кометы Джакобини — Циннера заставили астрономов еще раз задуматься над тем, насколько трудным и не всегда надежным делом являются расчеты и предположения, связанные с подобными явлениями природы. Кроме того, оба этих события привлекли к себе внимание работников средств массовой информации, и вокруг них была поднята невероятная шумиха. Все это привело к тому, что о комете Веста уже почти ничего не печаталось в газетах, и это соответствовало скептическим настроениям и среди некоторой части астрономов.

Тем временем комета Веста приближалась к Солнцу и подошла к нему на минимальное расстояние 25 февраля 1976 года. Точка орбиты кометы, максимально близкая к Солнцу, называется перигелием, а момент прохождения кометой этой точки — моментом прохождения перигелия. Расстояние между точкой перигелия и Солнцем, называемое перигелийным, удобно измерять в единицах среднего расстояния между Солнцем и Землей. Последнее называют астрономической единицей (а. е.), и она равна 149 миллионам километров. Перигелийное расстояние кометы Веста равнялось 0,197 а. е., или 29 350 километров.

Комета Веста непосредственно до момента прохождения точки перигелия и сразу же после этого находилась на небе вблизи Солнца, и поэтому ее нельзя было наблюдать в ночное время. За несколько суток до момента прохождения перигелия эту комету с коротким веерообразным хвостом можно было наблюдать в поле зрения небольшого телескопа сразу после захода Солнца в за-

падной части неба над горизонтом. Следуя за движением Солнца по небу, комета вскоре скрывалась за горизонтом. Непосредственно же после момента прохождения перигелия упорные наблюдатели, направлявшие свои телескопы в дневное время в сторону Солнца, наблюдали эту ярко сияющую комету рядом с Солнцем. К настоящему времени насчитывается всего несколько комет, которые можно было видеть в дневное время.

Таким образом, хотя существовало совершенно определенное мнение о том, что комета Веста может стать большим, заметным явлением на небе, астрономы придерживались теперь сдержанных позиций в отношении необходимости широко информировать об этом публику. Следовательно, на них лежит определенная доля вины в том, что это замечательное явление природы не было удостоенным внимания широкого круга людей, и по этому поводу нельзя не сожалеть. Можно, правда, сослаться на то, что в Японии в это время все средства массовой информации были заняты освещением скандальной истории с подкупом официальных японских лиц представителями американской компании «Локхид». Возможно, отсутствие внимания тогда к проблемам астрономии объяснялось отчасти этим, однако японские астрономы все же не смогли в данном случае выполнить свой долг до конца, не оповестив население о редком явлении природы.

ИСТОРИЯ КОМЕТЫ ГАЛЛЕЯ

Среди читателей, вероятно, найдутся такие, кто может спросить: «А как получилось, что комета Веста появилась в восточном небе?» (Слово «вест» по английски означает «запад». — *Прим. пер.*). Дело в том, что слово «Вест» в названии кометы — это фамилия человека, который ее открыл. Это касается и названий других комет — Когоутека, Джакобини — Циннера и т. п. — все это фамилии астрономов, открывших эти кометы. Таким образом, кометы обычно носят имена их первооткрывателей, хотя бывают и исключения. Так, например, название кометы Галлея связано с именем человека, который ее не открывал.

Галлей — английский астроном, живший в XVIII веке, один из руководителей обсерватории в Гринвиче. Он был другом Ньютона, который, открыв закон всемирного тяготения, считал, что кометы движутся вокруг Солнца по параболическим орбитам в соответствии с этим законом. Ньютон опубликовал методику расчета этих орбит, и, используя эту методику, Галлей рассчитал орбиты для большого числа комет, появление которых было зафиксировано к тому времени.

В результате этих расчетов выяснилось, что орбиты трех комет, появлявшихся соответственно в 1531, 1607 и 1682 годах, очень схожи между собой. Поскольку промежуток времени между появлениями этих комет составляет около 75 лет, Галлей предположил, что это одна и та же комета подходит близко к Солнцу каждые 75 лет и что она,

вероятно, вновь появится на небе в следующий раз либо в конце 1758, либо в начале 1759 года. Галлей отмечал: «Если эта комета появится вновь, то хотелось бы, чтобы знали, что впервые это предсказал англичанин». Удостовериться лично ему в этом не удалось, он умер в 1742 году.

Пришел, наконец, долгожданный 1758 год. Все астрономы мира жаждали получить подтверждение предположения, высказанного Галлеем. Честь открытия кометы выпала на долю немецкого астронома-любителя Палла. В новогоднюю ночь ему посчастливилось поймать эту комету в объектив своего небольшого телескопа с фокусным расстоянием 2,4 метра. Это был первый случай удачного поиска кометы астрономом-любителем, а также первый успех в использовании телескопа для поиска комет.

Таким образом, был установлен факт существования короткопериодических комет, которые, подобно Венере, Юпитеру, Земле и другим планетам, являются членами Солнечной системы, движущимися в космическом пространстве вокруг Солнца под действием его притяжения.

В память о заслугах Галлея эта комета и стала носить его имя. Впоследствии она появлялась и приближалась к Солнцу в 1835 и 1910 годах (рис. 3), то есть примерно через 75 лет. Следующее ее появление на небе ожидается в 1986 году. Для астрономов всего мира это будет одним из важных событий, поскольку, можно сказать, это единственный случай, когда заведомо было ясно появление крупной кометы.

Одним из астрономов-профессионалов,



Рис. 3. Комета Галлея в 1910 году

стремившихся в 1758 году увидеть новое появление кометы Галлея, был француз Мессье. По-видимому, раздосадованный, как и некоторые другие, тем, что комета была замечена сначала астрономом-любителем, он решил уделить проблеме поиска комет особое внимание. Мессье тоже пришел к выводу о выгоде использования телескопа для поиска комет и с помощью небольшого телескопа начал обозревать небосвод с целью обнаружить комету.

Существуют небесные объекты, называемые туманностями и звездными скоплениями, которые по внешнему виду легко принять за кометы. Мессье составил каталог с описанием 103 таких туманностей и скоплений звезд, наблюдавшихся им в телескоп, и указал их местоположение, форму, яркость и т. п. Это позволяло отличать подобные небесные объекты от комет. И по сей день употребляются обозначения туманностей и звездных скоплений по каталогу Мессье, до сих пор, упоминая о них, спрашивают: «Какой это номер по Мессье?»

В период с 1759 по 1798 год Мессье открыл 13 комет.

ОТКРЫТАЯ ЭНКЕ КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКАЯ КОМЕТА

С тех пор как телескоп стал активно применяться для поиска комет, одна за другой стали обнаруживаться многие кометы, которые не были замечены при наблюдениях невооруженным глазом. К тому же расширилось время наблюдений, и материалы наблюдений комет начали быстро накапливаться.

В октябре 1818 года при наблюдении в свой телескоп французский астроном Понс обнаружил небольшую комету. Ее движение прослеживалось по январь следующего года. Немецкий астроном Энке занялся изучением орбиты этой кометы и вскоре понял, что комета движется по орбите, заметно отличающейся от параболы. Поскольку время наблюдений кометы было продолжительным, величина этого отклонения становилась все более заметной. Энке подумал: а не является ли орбита этой кометы эллиптической? Используя метод расчета эллиптических орбит, применявшийся до того лишь при расчетах орбит малых планет, он в результате новых расчетов орбиты этой кометы пришел к выводу, что период ее обращения очень короткий — всего лишь 3,3 года.

Энке произвел новые расчеты орбит других комет, появление которых было отмечено в прошлом, и выяснил, в частности, что орбиты небольших комет, открытых французом Мешеном в январе 1786 года, англичанкой Каролиной Гершель в октябре 1795 года и французом Бюваром в октябре 1805 года ², разительно напоминают друг друга. Более того, выяснилось, что интервал появления кометы близок к числу, кратному 3,3 года. Учитывая все это, Энке решил, что в данном случае наблюдалось многократное появление одной и той же кометы.

Обращаясь вокруг Солнца, кометы приближаются к таким крупным планетам, как

² Одновременно с Бюваром эту комету независимо обнаружили Понс во Франции и Хут в Германии.—
Прим. ред.

Юпитер и Сатурн, и под влиянием их притяжения изменяют свою прежнюю орбиту на новую. Воздействия притяжения планет на орбиту кометы называют возмущениями. Теория и расчет возмущений составляют одно из главных направлений небесной механики. Основываясь на данных об орбите кометы 1818 года и произведя расчеты возмущений орбиты Юпитером и другими планетами в прошлом, Энке доказал, что кометы, наблюдавшиеся в 1805, 1795 и 1786 годах, фактически были одним и тем же небесным объектом, тождественным комете 1818 года. Следующее появление кометы на небе, ожидавшееся в 1822 году, наблюдалось австралийцем Рюмкером, что и явилось реальным подтверждением правильности расчетов Энке. Таким образом, было окончательно доказано существование короткопериодических комет в Солнечной системе. В память этого научного достижения Энке до сих пор существует комета, носящая его имя.

КОМЕТА КРОММЕЛИНА

27 октября 1928 года Масамицу Ямадзаки на станции широтных наблюдений, расположенной в Мицузаве (префектура Ивате), производил поиск комет на своем самодельном 20-сантиметровом телескопе-рефлекторе. Ямадзаки, выходец из префектуры Коти, в молодые годы уехал в Америку, где ему довелось работать на Ликской обсерватории. Усиленно занимаясь, он окончил Калифорнийский университет и в 1922 году вернулся

в Японию дипломированным астрономом, получившим образование за границей. Во время пребывания в США он изучил, в частности, технику шлифовки зеркал, применяемых в телескопах-рефлекторах, и, прибыв в Японию, продолжал осваивать и развивать эту отрасль астрономического приборостроения.

Станция широтных наблюдений является в Японии научно-исследовательской организацией, подчиненной непосредственно министерству просвещения. На ней используется специальный зенит-телескоп для наблюдений по программе Международной службы движения полюсов Земли. Подобного типа телескопы установлены также в районе Юкайа (США), в Карлофортэ (Италия) и в Китабе (Советский Союз), причем все эти пункты расположены на одной параллели — $39^{\circ}8'$ с. ш. Наблюдения звезд с помощью этих телескопов позволяют выявлять колебания оси вращения земного шара.

Ямадзаки работал техником-оператором на упомянутой станции, а в промежутках между сеансами широтных наблюдений занимался давно полюбившимся ему делом — поиском комет и наблюдениями звезд с переменной яркостью. Он открыл в созвездии Льва комету 10-й звездной величины, то есть такую, которая по яркости была в 40 раз слабее самой слабой звезды, еще видимой невооруженным глазом. Ямадзаки лишь набросал схему расположения кометы на фоне звезд, находившихся в поле зрения телескопа, так как не успел уточнить движение кометы из-за уже наступавшего рассвета. Однако в следующую ночь и в течение несколь-

ких суток подряд небо было покрыто облаками, и необходимые наблюдения были невозможны.

Впоследствии выяснилось, что комета, открытая в Кейптауне (ЮАР) астрономом Форбсом, — та же комета, которую заметил Ямадзаки. Англичанин Кроммелин точно рассчитал параметры орбиты этой кометы, выяснив, что период ее обращения составляет немногим менее 28 лет. Кроме того, после тщательного анализа и сравнения со старыми данными он пришел к совершенно определенному выводу о тождественности комет, появлявшихся в 1457, 1625, 1818 и 1928 годах. Поэтому с тех пор и по настоящее время эта комета называется кометой Кроммелина.

ОБСЕРВАТОРИЯ ЦЗЫЦЗИНЬШАНЬ

Упоминавшиеся здесь три кометы — Галлея, Энке и Кроммелина — примеры названий комет не по именам открывших их людей. Есть и другие исключения из этого правила.

В Китае неподалеку от Нанкина на вершине горы Цзыцзиньшань («Пурпурная гора») располагается обсерватория с таким же названием. Ее создание завершилось в 1930 году, на ней был установлен один из самых крупных для того времени в районе Дальнего Востока телескоп-рефлектор — с диаметром зеркала 60 сантиметров. Этот телескоп, изготовленный на известном оптическом заводе «Карл Цейс», был снабжен новейшим по тем временам спектрографом — прибором, сыгравшим важную роль в раз-

витии незадолго до того зародившейся астрофизики.

Всего за несколько лет перед этим в Японию был доставлен 65-сантиметровый телескоп-рефрактор, также изготовленный фирмой «Карл Цейс». Благодаря фотографированию с помощью этого телескопа стали возможными наблюдение и определение точного местоположения небесных светил, а также проведение работ по определению расстояний до звезд. Для выполнения подобных исследований необходимыми условиями являются стабильность воздушных потоков и устойчивая ясная, ночная погода в течение года. Однако условия на Токийской обсерватории, где был размещен 65-сантиметровый линзовый телескоп, не вполне удовлетворяли указанным требованиям.

Для района равнины Канто (в центральной части острова Хонсю, где находится Токио.— *Прим. пер.*) характерна ясная погода с осени до начала зимы, и в это время года равнина Канто представляет собой один из благоприятных районов земного шара для проведения наблюдений за небесными телами. Однако период затяжных дождей (максимум которых приходится на июнь), а также сезон осенних тайфунов делают Токийскую обсерваторию бездействующей на длительный срок. Для проведения работ по определению расстояний до звезд необходимо их фотографировать как раз весной и осенью, причем одна и та же звезда должна быть сфотографирована на восходе, на закате и при ее расположении строго в южном направлении. Район же равнины Канто явно не подходил для проведения подобных работ.

Вследствие этого установленный на Токийской обсерватории 65-сантиметровый рефрактор с самого начала не мог использоваться в полном объеме своих технических возможностей. Кроме того, хотя он был оснащен спектрографами и фотоэлементами для астрофизических наблюдений, наличие цветовой абберации, обусловленной прохождением света через линзы объектива, доставляло персоналу, ведущему наблюдения, огромные неприятности и становилось препятствием для развития исследований в этой области. Если бы вместо 65-сантиметрового рефрактора предпочли использовать отражательный телескоп, то можно было бы при тех же издержках приобрести 90-сантиметровый рефлектор. Вполне определенно, что в этом случае история астрономических наблюдений в Японии стала бы другой. Китайские ученые, выбравшие 60-сантиметровый рефлектор, оказались более дальновидными.

В Древнем Китае астрономия, так же как и другие области науки и культуры, начала развиваться с незапамятных времен. В частности, правившие тогда императоры держали при себе астрономов для наблюдения за небосводом, которые обязаны были докладывать в императорский дворец о всех небесных предзнаменованиях и необычных небесных явлениях. Благодаря деятельности этих древних астрономов осталось много записей о необычных небесных явлениях, будь то солнечное или лунное затмение, или появление кометы.

Так, например, если поинтересоваться самыми старыми данными об уже упоминав-

шейся комете Галлея, то выясняется, что в китайских хрониках имеются записи о появлении этой кометы в 467, 240, 86 и 11 годах до новой эры. С начала новой эры зафиксированы все появления этой кометы, за одним исключением — в 912 году. В Европе же самая ранняя регистрация этой кометы относится к 11 году до новой эры, а последующие записи о ее появлении отличаются отрывочностью. По существу, последовательная и систематическая регистрация появлений этой кометы начинается в Европе только после ее появления на небе в 989 году.

В древние времена в Японии, во многом следовавшей порядкам, введенным в Древнем Китае, при императоре также существовали придворные ученые, которым поручалось вести наблюдения за небесными явлениями. Самая старая сделанная в Японии регистрационная запись появления кометы Галлея относится к 684 году (рис. 4), а начиная с 837 года отмечены фактически все случаи появления этой кометы. Кстати, появление кометы на небе в 912 году, незафиксированное ни в Европе, ни в Китае, было отмечено только в Японии³.

Имеются и другие записи древних китайских астрономов: уже упоминавшаяся регистрация лунных и солнечных затмений, записи о замеченных неравномерностях во вращении Земли вокруг своей оси, о харак-

³ Есть свидетельства, что это не так, и комету Галлея наблюдали в 912 году и в Европе и в Китае. См., например: Williams. *Observation of comets from BC 611 to AD 1640 extracted from the Chinese Annals*. London, 1871 (p. 53).— *Прим. ред.*

терных особенностях движения Луны и другой ценный наблюдательный материал.

Затронувшая Китай промышленная революция в самом конце XVIII — начале XIX века дала новый импульс быстрому развитию астрономии. Как уже говорилось раньше, в 1930 году была создана обсерватория Цзыцзиньшань, оборудованная новейшей астрономической аппаратурой, и на ней приступили к проведению наблюдений и исследований по программам современной астрофизики.

Однако, к несчастью, вскоре эта обсерватория стала жертвой начавшейся захватнической войны Японии против Китая. 60-сантиметровый телескоп-рефлектор был демонтирован, а весь персонал обсерватории был эвакуирован в один из уездов провинции Хунань. Основные части оптической системы были вывезены, но оставшееся оборудование было разрушено в ходе боев в этом районе. Впоследствии предлагались планы восстановления обсерватории, однако с началом второй мировой войны этим планам не суждено было осуществиться.



Рис. 4. Созвездие Тельца, как его изображали в 684 году, когда наблюдалась в нем комета Галлея

После окончания второй мировой войны и национально-освободительной войны китайского народа против японских захватчиков, вместе с образованием КНР была постепенно возрождена и обсерватория Цзыцзиньшань. Вновь был собран 60-сантиметровый рефлектор, и с получением другого нового оборудования, поставленного народным предприятием ГДР «Карл Цейс Йена», обсерватория стала вполне соответствовать современному уровню.

1 января 1965 года дежурный оператор этой обсерватории проводил наблюдения и фотографирование малой планеты. Рассматривая фотографию, оператор увидел, что на ней зафиксирована слабая комета, о существовании которой он не подозревал. Наблюдение было продолжено в течение нескольких последующих ночей, и было выяснено, что обнаружена новая короткопериодическая комета. С помощью 60-сантиметрового рефлектора удалось проследить ее движение вплоть до марта 1965 года.

Случайность иногда играет важную роль. Не прошло и 10 суток после этого открытия, как тот же самый оператор «изловил» и другую слабую комету, которая, как выяснилось, также является короткопериодической. Эти кометы получили названия Цзыцзиньшань I и Цзыцзиньшань II. То, что они не были названы по имени открывшего их человека, объясняется, вероятно, подчеркнутым уважением к сотрудничеству в группе наблюдателей малых планет на обсерватории Цзыцзиньшань.

ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО АСТРОНОМИЧЕСКИХ ТЕЛЕГРАММ

В случае появления на небе новых комет и новых звезд требуется как можно скорее сообщить о факте открытия обсерваториям мира с целью организации общей системы наблюдений. Для этого существует Центральное бюро астрономических телеграмм при Информационном центре Международного астрономического союза (МАС). Бюро занимается рассылкой в обсерватории всех стран мира телеграмм, зашифрованных специальным цифровым кодом, с информацией об обнаружении новых небесных тел. Применение кода связано с требованиями точности и быстроты оповещения. Кроме того, Центральное бюро осуществляет рассылку срочной информации с помощью почтовых открыток.

В прежние времена Центральное бюро астрономических телеграмм находилось в Дании при Копенгагенской обсерватории. Однако в 1964 году на съезде Международного астрономического союза представители Копенгагенской обсерватории заявили, что они не могут больше выполнять функции Центрального бюро. Тогда же на съезде с предложением продолжить выполнение функций Бюро выступили представители Смитсоновской обсерватории при Гарвардском университете (США).

Эта обсерватория имела разбросанные по всему земному шару посты оптических наблюдений за искусственными спутниками Земли, она обладала техническими возможностями для опознавания новых небесных

тел и располагала хорошей системой связи, которую можно было эффективно использовать в телеграфном режиме работы. Кроме того, поскольку до этого Смитсоновский филиал Центрального бюро астрономических телеграмм для Западного полушария находился при этой же обсерватории, то его предстояло лишь несколько расширить.

Однако были и трудности. В частности, возникали опасения в связи с невозможностью эффективного использования спутниковой системы связи из-за тревожной обстановки во Вьетнаме. Не прошло и года после того, как Центральное бюро астрономических телеграмм перебазировалось в США, и эти опасения подтвердились. Сообщение об открытии новой кометы на обсерватории Цзыцзиньшань не было передано в США, с которыми Китай не имел дипломатических отношений. Центральное бюро узнало об открытии этой новой кометы из краткого сообщения в гонконгской газете и, только используя посредничество правительства Великобритании, смогло получить информацию о наблюдениях, проведенных на обсерватории Цзыцзиньшань.

НАЗВАНИЯ КОМЕТ

Хотя иногда вновь замеченным кометам не дается названий по именам их открывателей, все же комете, как правило, присваивается название по именам первых открывших ее людей. В название может быть включено до трех человек из числа первых, приславших сообщения об открытии в Цен-

тральное бюро астрономических телеграмм. Однако при появлении исключительно ярких комет случается так, что их обнаруживает одновременно очень много людей. Когда подобное происходит, очень трудно бывает выделить какого-то одного «первооткрывателя»: в Центральное бюро иногда одновременно поступает 5—10 телеграмм. В подобных случаях не придерживаются системы индивидуальных названий комет, и нередко поступают так, как с кометой 1910 года, названной просто Большой кометой 1910 года.

4 ноября 1948 года на небе появилась большая и яркая комета, она была обнаружена пилотом и другими членами экипажа пассажирского самолета авиакомпании «Панамерикэн», совершавшего в это время полет над районом Карибского моря. Кроме того, было сделано немалое количество индивидуальных открытий той же кометы. Незадолго перед этим, 1 ноября того же года, произошло полное солнечное затмение. Несколько сотрудников Гринвичской обсерватории отбыли в Африку для его наблюдений и на части снимков солнечной короны обнаружили изображение этой кометы.

Поскольку во время полного солнечного затмения Луна закрывает всю яркую поверхность Солнца, то становится наблюдаемой обычно невидимая корона, окружающая Солнце. Полные солнечные затмения можно наблюдать лишь в довольно ограниченных районах Земли, поэтому астрономы не считаются с тем, чтобы поехать куда-то за тысячи километров для проведения наблюдений солнечной короны. Иногда в такие

моменты вместе с солнечной короной становятся видимыми кометы, приблизившиеся к Солнцу. Так было 17 мая 1882 года, когда во время полного солнечного затмения вместе с короной Солнца была сфотографирована яркая комета, которая, кстати, была видна и невооруженным глазом.

Четверо суток спустя после полного солнечного затмения 1948 года, наблюдавшегося в Африке, обнаруженная на фотографиях комета, выйдя из ярких лучей Солнца, стала видна и в ночное время. Поскольку ее видели очень многие, то она и стала называться Кометой солнечного затмения 1948 года. Таким образом, некоторые кометы получают свои особые, можно сказать, «житейские» названия.

Специальные же научные названия можно разделить на две категории. К первой из них относятся *временные* обозначения. Здесь в основу кладется последовательность поступления за год сообщений об открытиях комет в Центральное бюро астрономических телеграмм: к цифрам года добавляется строчная буква в порядке английского алфавита. Так, например, вторая по счету комета, открытая в 1977 году, имеет обозначение 1977 *b*, а пятая комета этого же года — 1977 *e*.

Поскольку обозначения даются в порядке поступления сообщений в Центральное бюро, это не всегда может отражать хронологическую последовательность фактического появления комет. Кроме того, могут поступать и ошибочные сообщения, в результате чего временное обозначение может быть дано фактически не существующей

комете. И наконец, временное обозначение может получить комета, которую сочли новой, а затем выясняется, что это известная переоткрытая вновь комета, а обозначение тем не менее уже использовано.

В английском алфавите 26 букв, и поэтому может возникнуть затруднительное положение лишь в том случае, когда за год будет открыто больше 26 комет. Правда, до сих пор наибольшее число открытий пришлось на 1980 год — 21, и тогда, следовательно, дошли до буквы и. Однако фотографирование небесных тел, производимое в последнее время, позволяет обнаруживать значительное количество слабых комет, так что их общее количество за год может и превысить 26. Пока еще не решено, как быть в этом случае.

Есть еще один вид обозначения комет, который носит название *постоянного* обозначения. После расчета орбиты кометы последняя включается в общий список комет за год, занимая порядковое место в зависимости от момента прохождения ею перигелия. В результате кометы обозначаются годом своего прохождения перигелия и соответствующими римскими цифрами: I, II, III и т. д. (например, комета 1976 III).

Обычно постоянные обозначения даются кометам по прошествии нескольких лет, когда их орбита уже точно установлена. Однако бывает и так, что после установления моментов прохождения перигелия для всех комет за год, на негативах ранее сделанных фотоснимков неба может быть обнаружена новая комета, и в результате вся строгая схема нарушается. Таких случаев

было несколько. Но в подобной ситуации, как говорится, уже ничего не поделаешь.

Таким образом, оказалось, например, что Комета солнечного затмения 1948 года стала 12-й кометой, открытой в этом году, и отсюда ее временное обозначение — 1948 I. Но поскольку по моменту прохождения своего перигелия она была в том году 11-й, ее постоянное обозначение — 1948 XI.

ИЗОБРЕТЕНИЕ КОРОНОГРАФА

В 1930 году француз Лио изобрел устройство, получившее название коронографа, которое позволяет видеть солнечную корону в отсутствие полного солнечного затмения. Яркость короны Солнца весьма невелика, что было выяснено в результате многократных наблюдений солнечных затмений: она такая же, как у Луны в полной фазе. Кажущаяся яркой ночью Луна, светящаяся отраженным солнечным светом, на самом деле не идет ни в какое сравнение с нашим дневным светилом. Корону, непосредственно окружающую чрезвычайно яркое Солнце, труднее наблюдать, чем, например, звезды в дневное время. «Дневные» звезды, расположенные на небе далеко от Солнца, заметить гораздо легче: «вечерние» и «утренние» звезды (одной из таких «звезд» является планета Венера) в период их наибольшей яркости можно легко заметить в дневное время. В специальные телескопы, называемые меридианными кругами и применяемые для определения точных положений звезд, даже в дневное время можно

наблюдать, например, Полярную звезду.

Наблюдению ярких звезд на фоне светлого неба способствует то, что звезды представляют собой точечные источники излучения. Солнечная корона в этом смысле невыгодно отличается от звезд, она является протяженным источником излучения. Кроме того, наблюдать солнечную корону трудно еще и потому, что атмосфера, окружающая земной шар, делает дневное небо действительно светлым. Рассеиваясь на частицах, взвешенных в атмосфере, солнечный свет делает всю атмосферу светящейся. Особенно существенным в этом плане является наличие в атмосфере водяного пара.

При подъеме на высокую гору воздух становится более разреженным (все труднее становится дышать) и вместе с тем резко уменьшается и количество пара, благодаря чему становится легче увидеть звезды днем. Реактивные лайнеры, совершающие свои полеты на высотах около 10 000 метров, дают нам возможность увидеть небо другого цвета — глубокого темно-синего. На такой высоте количество паров по сравнению с поверхностью Земли составляет менее 5%. Даже на высоте 3 километра количество паров составляет всего лишь порядка 10% их количества у поверхности Земли.

Свой коронограф Лио установил на обсерватории, расположенной на вершине Пик-дю-Миди в Пиренеях, на границе между Францией и Испанией, на высоте 2900 метров. Однако рассеиванию солнечного света способствуют и другие причины. В частности, линзы телескопа отражают и рассеивают свет, создавая дополнительный светлый фон.

Поэтому Лио подходил с исключительной тщательностью к подбору материала для изготовления линз коронографа, стараясь найти оптимальный вариант стекла. Особое внимание он уделял и шлифовке поверхностей линз. Все это делалось, с тем чтобы предельно уменьшить как отражение света от поверхностей линз, так и его рассеивание внутри стекла.

Труба телескопа также была оборудована соответствующим образом: в ней в определенных местах с целью избежать рассеивания света были установлены диафрагмы. Кроме того, в трубе помещался круглый диск, закрывавший яркий солнечный диск, создавая тем самым как бы искусственное солнечное затмение. Этот диск, блокирующий яркий солнечный свет, отражал его под углом, направляя за пределы трубы.

Благодаря всем этим ухищрениям и стало возможным наблюдать солнечную корону в отсутствие полного солнечного затмения, хотя яркость короны составляет всего одну миллионную часть яркости самого солнечного диска.

Изменение яркости солнечной короны вместе с изменением числа солнечных пятен составляют своеобразный барометр, указывающий на перемену солнечной активности. Разного рода радиация, исходящая от Солнца, самым различным образом воздействует на Землю. В частности, известны такие явления, как помехи распространению радиоволн, магнитные бури (вызывающие отклонения магнитной стрелки компаса от направления на север) и т. д. Они не только представляют чисто научный интерес (для

геофизики и других областей науки), но имеют и важное практическое значение в жизни человеческого общества.

Все это и сделало необходимыми постоянные наблюдения за солнечной короной. Поэтому коронографы Лио были созданы не в одной только Франции — станции наблюдения за солнечной короной стали оборудовать в горах во многих странах. Необходимость постоянного слежения за состоянием солнечной короны привела к необходимости создать подобные станции и в Восточной Азии. Ведь когда в Европе и в Америке ночь, за Солнцем можно наблюдать в Восточной Азии, где в это время день.

В Японии еще во время второй мировой войны были начаты фундаментальные исследования и практические эксперименты в области астрономической оптики. Разрабатывался, в частности, и коронограф, однако решающие успехи в этом направлении были достигнуты уже после войны. Быстрейшему восстановлению и возобновлению работы на Токийской обсерватории, поврежденной во время войны, способствовало назначение нового директора Юсукэ Хагихара. Установление коронографа явилось апогеем в реализации плана восстановления обсерватории.

После ряда экспериментальных испытаний коронограф был установлен в 1950 году на горе Норианока в «Японских Альпах» (горный район в центральной части острова Хонсю.— *Прим. пер.*). С тех пор эта станция стала второй в Японии постоянно действующей горной станцией (помимо высокогорной метеостанции на горе Фудзияма), ко-

торая круглогодично ведет свои наблюдения за солнечной короной в любых условиях, в том числе и во время суровых горных зим.

КОМЕТА ИКЕЙЯ — СЕКИ

21 октября 1965 года факельным восхождением из Гифу — центра префектуры Гифу — на горную солнечную станцию Нориака был торжественно отмечен 15-летний юбилей ее существования. Присутствовали представители прессы, праздник получился очень веселым и оживленным. К этому же времени относится «посещение» станции и другим желанным гостем, о чем и пойдет речь дальше.

Примерно за месяц перед этим событием, ранним утром 19 сентября Каору Икейя, житель прибрежного селения в префектуре Сидзуока, осуществляя поиск комет с помощью им же изготовленного рефлектора, обнаружил в юго-западной части неба объект, по виду похожий на комету. Спустя 20 минут это небесное тело заметил и Цутому Секи, житель города Коти на острове Сикоку, занимавшийся уже более 10 лет поисками комет. Только накануне Японские острова покинул тайфун, и на территории всей Японии наконец наступила долгожданная ясная погода. В таких благоприятных условиях эти двое жителей Японии не пропустили комету, появившуюся в поле зрения их телескопов.

Впервые Икейя открыл новую комету 11 января 1963 года. В то время ему было 19

лет, рекордно молодой возраст среди людей, когда-либо открывавших новые кометы. Возвращаясь с работы, Икейя долгие вечерние и ночные часы проводил за любимым занятием — наблюдением небесных тел. В следующем, 1964 году он открыл еще одну новую комету. Что касается Секи, то он в дневное время давал у себя дома уроки игры на гитаре, а ночью также превращался в астронома-любителя. На его счету открытия двух новых комет, сделанные в 1961 и 1962 годах.

Сотрудники Токийской обсерватории, получив сообщения об открытии кометы от двух ветеранов кометного поиска, пренебрегли обычной процедурой, согласно которой полагалось сначала перепроверить это открытие и лишь утром следующих суток послать сообщение дальше. Они решили в данном случае отбросить всякие сомнения и немедленно известить Центральное бюро астрономических телеграмм о появлении новой кометы — кометы Икейя — Секи, что и сделали. Центральное бюро астрономических телеграмм информировало обсерватории всех стран мира об открытии, а также дополнительно сообщило об этом почтовыми открытками.

Вскоре, 2 октября того же года, французский астроном Риголле напечатал в газетах заметку о том, что, по его предположениям, новая комета должна приблизиться к Солнцу на очень малое расстояние. Было уже известно, что существуют группы комет, обладающие необычно малыми перигелийными расстояниями. Так, у некоторых крупных комет, появлявшихся в 1668, 1880,

1882 и 1887 годах, они были гораздо меньше, чем у других комет, и составляли всего лишь около 1,3 радиуса Солнца (кометы проходили через область солнечной короны).

Характерно, что орбиты этих комет имели совершенно одинаковую форму. Причем

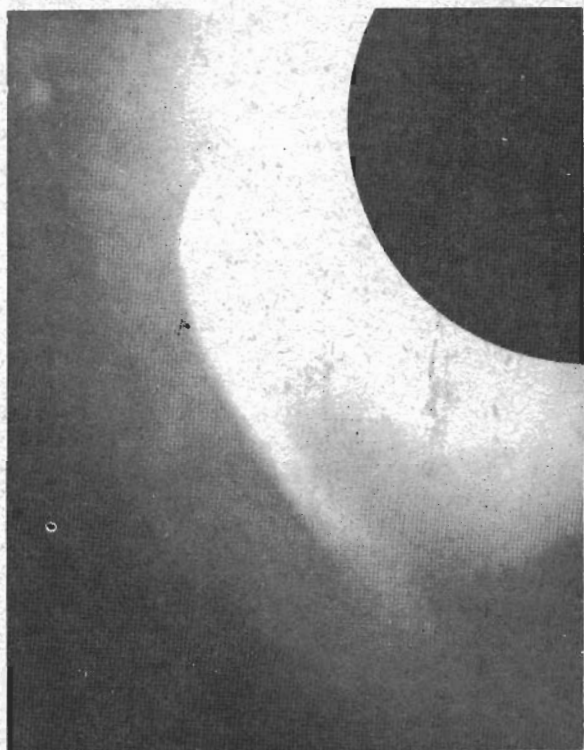


Рис. 5. Комета Икейя—Секи при ее прохождении
вблизи Солнца

анализ интервалов между появлениями комет совершенно исключал предположение о том, что наблюдалось повторное появление одной и той же кометы. Пришлось ученым сделать вывод, что какая-то группа из нескольких комет обращается по одной и той же орбите вокруг Солнца. Немецкий астроном Крейц в конце XIX века выдвинул гипотезу, согласно которой это явление объяснялось тем, что в давние исторические времена, вероятно, существовала некая крупная комета, которая распалась на части, проходя вблизи Солнца.

Впоследствии эти кометы стали называть семейством комет, «царапающих Солнце», или семейством комет Крейца. Период их обращения составляет, по-видимому, около 1000 лет. Отколовшиеся кометы проходят в перигелии очень близко от Солнца. Крейц также предполагал, что при каждом таком прохождении перигелия возможно новое дробление, и, вероятно, существует еще много неоткрытых комет, которые следуют по этой групповой орбите.

Риголле обратил внимание на то, что, судя по положению кометы Икейя — Секи и направлению ее движения, она, возможно, является одной из комет семейства Крейца. Точные наблюдения положения кометы Икейя — Секи и расчеты ее орбиты, проведенные в разных странах, подтвердили правильность предположения Риголле. Как предсказывалось, прохождение точки перигелия кометы должно было произойти 21 октября 1965 года в 4 часа по гринвичскому времени, или в 13 часов по всеяпонскому времени (рис. 5). Наилучшие условия для

наблюдений кометы Икейя — Секи в момент прохождения ею перигелия имелись в странах Восточной Азии (они приходились на дневные часы) и прежде всего в Японии.

В этом районе земного шара единственной станцией слежения за солнечной короной была станция Нориянока, на которой был составлен план «встречи» этого желанного гостя и его наблюдений. К счастью, погода в те дни стояла просто идеальная, и на 10-сантиметровом коронографе было отлично видно прохождение кометы Икейя — Секи вблизи Солнца. Были получены великолепные снимки ядра и хвоста кометы, а также важный материал относительно строения головы кометы. Комета Икейя — Секи еще в течение 10 суток радовала своим видом взоры астрономов-любителей, появляясь на рассвете в юго-восточной части неба и влача за собой длинный шлейф своего хвоста, слегка изогнутого на конце.

Появление кометы Икейя — Секи снова заставляет нас вернуться к проблеме происхождения семейства комет Крейца. Скорее всего, эти кометы возникли в результате деления ядра родительской кометы на несколько частей, что произошло в далекую историческую эпоху, вероятно, несколько десятков веков назад.

ГЛАВА 2

«ОХОТНИКИ
ЗА
КОМЕТАМИ»



МЕТОДЫ ПОИСКА КОМЕТ

После заметных успехов в поиске комет, достигнутых Мессье, у него нашлось много последователей. Но им было трудно предугадать, когда и где появится новая комета и какой яркостью она будет обладать. Эти «охотники за кометами» искали их по всему небосводу, то есть где придется.

Поскольку кометы светятся под воздействием солнечного излучения, они становятся тем ярче, чем ближе подходят к Солнцу. Очевидно, поэтому более вероятно найти комету не в области неба, противоположной местонахождению Солнца, а в тех частях неба, которые ближе к Солнцу. Следовательно, в вечернее время наиболее эффективным будет поиск комет в западной части неба после захода Солнца за линию горизонта, а утром соответственно в восточной части неба, в раннее предрассветное время, часа за три до восхода Солнца.

Итак, первым условием успешного поиска комет является правильный выбор направления наблюдения — в восточной или западной стороне неба, на участках, прилегающих к линии горизонта. Для удобства наблюдений часто используют естественные возвышения местности или высокие здания, башни, вышки и т. п.

Если поблизости от места наблюдения находятся какие-либо источники яркого электрического освещения, то слабый свет кометы можно и не заметить. При нынешних темпах роста городов для многих «охотников за кометами» исключена возможность заниматься этим делом во дворе своего

дома, и они вынуждены выезжать для наблюдений в какое-либо другое место, где есть темное небо над головой. Из-за слабости света, излучаемого кометами, даже свет Луны, освещающей небо, может помешать заметить комету. Поэтому вся неделя до полнолуния и неделя после него являются для «охотников за кометами» своеобразными «каникулами».

При поиске комет часто используются специальные телескопы, называемые «кометоискателями», хотя для этого можно применять и любые другие телескопы. Следует, однако, иметь в виду, что для обозрения обширных областей неба более эффективным является применение аппаратуры с широким полем зрения. Кроме того, желательна большая светосила телескопа, чтобы по возможности не пропустить слабых комет, ну и, конечно, чем больше диаметр объектива рефрактора или главного зеркала рефлектора, тем лучше. Обычно столь ценимая степень увеличения изображения не является определяющей характеристикой технических возможностей телескопа при поиске комет. Чем меньше степень увеличения, тем большее достигается поле зрения, а последнее в данном случае более предпочтительно.

Телескоп, который применял Мессье, был небольшим инструментом с 5-сантиметровым объективом и с 10-кратным увеличением. Призмальный бинокль, который сейчас можно купить в магазине, обладает примерно такими же характеристиками. Но главное заключается в том, что в настоящее время неизмеримо улучшилось качество оптики, и

поэтому бинокль вполне может быть использован для поиска комет. Следует также сказать о том, что роль «кометоискателей» вполне могут выполнять биноккулярные телескопы с объективами 10—15 сантиметров, которые в военное время использовались в Японии для наблюдений за воздушными целями, а сейчас нашли успешное применение на рыболовных судах для поиска косяков рыбы.

В течение года на небе появляется всего лишь несколько новых комет. Поэтому следует сказать, что для многих поиск комет может оказаться пустой тратой сил и времени. Однако в настоящее время астрономы-профессионалы почти не занимаются «охотой за кометами», и в этой области проявляют себя весьма активно астрономы-любители.

Но все же астрономы-профессионалы, производя фотографирование небесных тел для других целей, порою обнаруживают на снимках новые кометы. Примерами подобного рода являются обнаружения кометы Когоутека в 1973 году и кометы Веста в 1975 году. В обоих случаях открытия были сделаны в результате фотографирования с помощью мощных оптических систем, и кометы были запечатлены на снимках, несмотря на то что они находились на значительном удалении от Солнца и являлись слабыми.

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМЕТ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ СПЕЦИАЛИСТАМИ

Существует еще один вид «поиска комет», которым занимаются специалисты,—это расчеты кометных орбит и предсказания их

новых появлений. Например, благодаря тому что орбита короткопериодической кометы Энке была рассчитана заранее, оказалось возможным предсказать ее следующее появление и назвать точный момент прохождения перигелия. Конечно, такие предсказания — дело непростое, поскольку кометы подвержены воздействию притяжения со стороны крупных планет (прежде всего Юпитера), поэтому-то и возникают возмущения их орбит. Однако получить общее представление о параметрах орбиты кометы обычно все же удается, а отсюда можно рассчитать, в какой части неба с Земли будет видна та или иная комета.

Обычно расчет положений кометы производится на каждые 10 суток, и печатается расчетная таблица или график перемещения кометы среди звезд. Поскольку возможно также рассчитать расстояния кометы от Земли и от Солнца, то можно предвычислить и ее яркость. Специалисты, основываясь на данных расчетной таблицы о местоположениях кометы, направляют в указанные участки неба телескопы и производят фотографирование. И если влияние притяжения планет на комету и другие факторы были учтены в необходимой мере, то наградой будут прекрасные снимки кометы.

Однако нередко случается, когда комета не обнаруживается там, где ее появление уверенно предсказывалось. Движение кометы, даже без учета возмущений, обусловленных притяжением крупных планет, нелегко рассчитать точно. На это движение оказывают влияние многие трудно учитываемые факторы, и поэтому комета зачастую не про-

ходит свой перигелий в расчетное время.

Подготавливая расчетную таблицу положений кометы, в случае, если исходные предположения оказались неточными, производят расчет отклонений по разнице вычисленных и наблюдаемых положений. Если комета не появилась в первоначально рассчитанной точке, продолжают ее поиск с учетом возможных отклонений. Обнаружение короткопериодической кометы подобным способом — «открытие в результате расчетов» — называют *переоткрытием*, и его следует отличать от «открытия в результате наблюдений» — обнаружения новой кометы.

Данные о переоткрытых кометах также передаются в Центральное бюро астрономических телеграмм. Этим короткопериодическим кометам присваиваются временное и постоянное обозначения, но они не получают названий по именам исследователей.

Существуют и такие короткопериодические кометы, для которых попытки предвычисления нового появления заканчиваются неудачей, и они так и пропадают в неизвестном направлении. Последнее может произойти по разным причинам: либо произошла ошибка в расчетах, либо комета подошла к Солнцу, но с такой стороны, которая была не наблюдаема с Земли ночью. В подобных случаях остается только ждать следующего более благоприятного момента прохождения кометой ее перигелия. Комета тем временем продолжает свое движение по орбите, и если в расчетах будут допущены новые погрешности, то пределы следующего прогноза еще более расширятся и поиски станут еще более затруднительными.

НЕОБХОДИМОСТЬ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ КОМЕТЫ

Икейя и Секи открыли комету, «посетившую» станцию слежения за солнечной короной в Японии за месяц до начала систематической работы этой станции. Это одна из комет семейства комет Крейца, она имела хорошо рассчитанную орбиту, благодаря чему был точно, вплоть до часа, предсказан момент прохождения перигелия. В результате удалось тщательно продумать и исключительно хорошо организовать наблюдения этой кометы.

Нечто подобное произошло и с кометой Когоутека. Ее приближение к Солнцу было замечено за 9 месяцев до момента прохождения перигелия, когда комета находилась на большом расстоянии от Солнца — около миллиарда километров. Благодаря этому имелась возможность свободно распорядиться временем для корректировки плана наблюдений с помощью американской орбитальной космической станции «Скайлэб».

Кстати, следует отметить, что число крупных телескопов, установленных в разных частях земного шара, отнюдь не превосходит числа небесных объектов, вызывающих интерес. Существует также определенный «избыток» научных работников, претендующих на использование этих крупных телескопов, так что время наблюдений, отводимое каждому астроному, все более сокращается.

В префектуре Окаяма располагается Центр астрофизических наблюдений, подчиненный Токийской обсерватории. Здесь имеется

один из крупнейших на Дальнем Востоке телескоп-рефлектор с диаметром зеркала 188 сантиметров. Он используется всеми японскими астрономами-наблюдателями, причем заявки от желающих получить доступ к использованию этого инструмента не перестают поступать круглый год, и суммарное время, запрашиваемое на эксплуатацию телескопа, по этим заявкам превышает 700 ночей в год.

Вследствие такой большой перегрузки в работе этот телескоп не может быть как-то приспособлен для экстренного наблюдения за неожиданно возникающими редкими небесными явлениями. Кроме того, современная техника, предназначенная для астрономических наблюдений, отличается исключительной сложностью, и очень непросто подключать к телескопу какую-либо дополнительную наблюдательную аппаратуру, как правило, тоже довольно сложную. Поэтому при неожиданном появлении даже крупной кометы трудно подключиться к наблюдениям за ней, используя этот телескоп.

Подобным образом дело обстоит не с одним только телескопом Центра астрофизических наблюдений в Окаяме, а в той или иной степени с большинством крупных телескопов во всем мире. Учитывая это, необходимо, произведя максимально раннюю «засечку» появления кометы и по возможности быстрый расчет ее орбиты, тут же сообщить об этом, чтобы была своевременно организована программа наблюдений кометы.

ПОЧЕСТИ И НАГРАДЫ ЗА ОТКРЫТИЕ КОМЕТ

Мы уже говорили о том, что при обнаружении новой кометы имя ее первооткрывателя становится широко известным, ему воздаются соответствующие почести. В 1835 году король Дании Фредерик VI наградил щедрыми подарками астронома, открывшего новую комету с помощью телескопа. Подобная же система поощрения продолжала существовать и при следующем датском короле — Кристиане VIII. В Венском университете все первооткрыватели комет до 1880 года награждались золотыми медалями.

В 1880 году американский промышленник Ванер учредил премию в 200 долларов за каждое открытие кометы в США и Канаде. В то время в США жил страстный «охотник за кометами» Барнард. Начиная с 1881 года он в течение 10 лет открывал ежегодно одну или несколько комет и получил довольно значительную сумму в виде этих премий. Бытовало даже выражение: «Барнард живет в доме, построенном из комет».

На Западном побережье США располагается много крупных обсерваторий, организационно объединенных в Тихоокеанское астрономическое общество, которому оказывают материальную поддержку богатые бизнесмены. С 1890 года это общество учредило специальную награду за открытие кометы — бронзовую медаль Донохью (в честь богача-мецената). Упоминавшийся ранее Ямадзаки был первым из японцев, удостоенным этой награды. Эта система награждения прежде предусматривала одновременно и

материальное вознаграждение, однако в 1950-е годы это правило перестало действовать. Процедура была изменена, и теперь медалью награждался ежегодно лишь один лауреат за существенный вклад в кометную астрономию (рис. 6). Причем он избирался



Рис. 6. Медаль Донохью: вверху — старый вариант, внизу — новый

из числа людей, интересующихся астрономией, но не являющихся астрономами-профессионалами. В 1969 году занял первое место и был награжден медалью японцев Ц. Секи. Однако начиная с 1975 года и эта система поощрений перестала существовать.

17 июля 1936 года дежуривший на Токийской обсерватории Сигэру Кахо наблюдал звезды переменной яркости. Вдруг он заметил «звезду», обладавшую хвостом, и понял, что открыл новую комету, которая находилась в созвездии Льва. Это была первая неизвестная прежде комета, открытая в Японии (Ямадзакэ в 1928 году переоткрыл короткопериодическую, известную ранее, комету). Новая комета получила название Кахо. За месяц перед этим астроном Кадзуаки Гоми из префектуры Нагано открыл Новую, вспыхнувшую в созвездии Скорпиона.

Этот год стал годом высоких достижений японских астрономов, получивших всемирное признание. Закономерно возрос интерес к астрономии и у широкой публики. Японское астрономическое общество, реагируя на следовавшие одно за другим открытия новых небесных объектов, учредило денежную премию. Первыми этой премии были удостоены Гоми и Кахо. Были учреждены также и медали, но, к сожалению, образцы их погибли в результате пожара на Токийской обсерватории во время второй мировой войны.

МИНОРУ ХОНДА И СИГЭКИ ОКАБАЯСИ

Говоря об открытии новых комет японцами, нельзя не упомянуть имени Минору Хонды. Выходец из префектуры Тоттори, Хонда от природы был наделен исключительно острым зрением. Так, во время полного солнечного затмения, наблюдавшегося в 1936 году на острове Хоккайдо, ему удалось заметить слабый Зодиакальный свет, распространявшийся в восточном и западном направлениях от солнечной короны.

Явление Зодиакального света объясняется рассеянием солнечного света на мельчайших частицах вещества, взвешенных в межпланетном пространстве. В Японии в весенние вечера с западной стороны горизонта, там, где только что зашло Солнце, можно заметить протянувшуюся к зениту полосу слабого света, напоминающую по форме язык пламени. Похожую по форме световую полосу можно наблюдать и осенью в восточной стороне неба перед восходом Солнца. Причем это настолько слабое свечение, что его уже нельзя разглядеть в лунную ночь и совершенно невозможно заметить в местах, где небо сильно освещено искусственными огнями.

В экваториальных районах Земли в любое время года перед рассветом и после захода Солнца можно увидеть конусообразную полосу света, восходящую от горизонта к середине неба и по яркости раза в два превосходящую свечение Млечного Пути. Утверждают, что на островах Огасавара (Япония) в темные ночи можно увидеть све-

товой пояс слабого Зодиакального света, поднимающегося от западной стороны горизонта, доходящего до зенита и даже опускающегося дальше, к восточной стороне горизонта.

О природе Зодиакального света мы расскажем позже, а здесь хотелось бы упомянуть о том, как еще 120 лет назад один человек описал это природное явление, наблюдавшееся им в заливе японского порта Кобе. Им был некто Джонс, один из членов экипажа известного «Черного корабля» коммодора Перри, заставившего силою оружия допустить его в Японию (правительство Японии до того времени под страхом смерти запрещало иностранцам посещать страну, а своим подданным покидать ее пределы.— *Прим. пер.*). Джонс нарисовал схему (рис. 7), на которой изобразил наблюдаемый им Зодиакальный свет среди созвездий, а точки с одинаковой степенью яркости Зодиакального света соединил линиями. Этот метод наблюдения Зодиакального света невооруженным глазом и его регистрации стал своего рода образцом для тех, кто занимался его изучением в последующем.

Джонс продолжал свои наблюдения и свои записи в течение всего своего пребывания в Японии. В наше время в Токийском заливе ночью даже в самую ясную погоду можно увидеть лишь несколько ярких звезд, так как весьма мешают сильнейший смог, застилающий небо, а также озаряющий небо сильный свет, испускаемый массой неоновых и ртутных ламп. Наблюдения Джонса были относительно кратковременными, они продолжались всего 2 года, но

важно то, что в его записях были отражены результаты наблюдений на разных широтах в Тихом океане. Изданные в трехтомных «Записях об экспедиции в Японию», они до сих пор не утратили своей ценности.

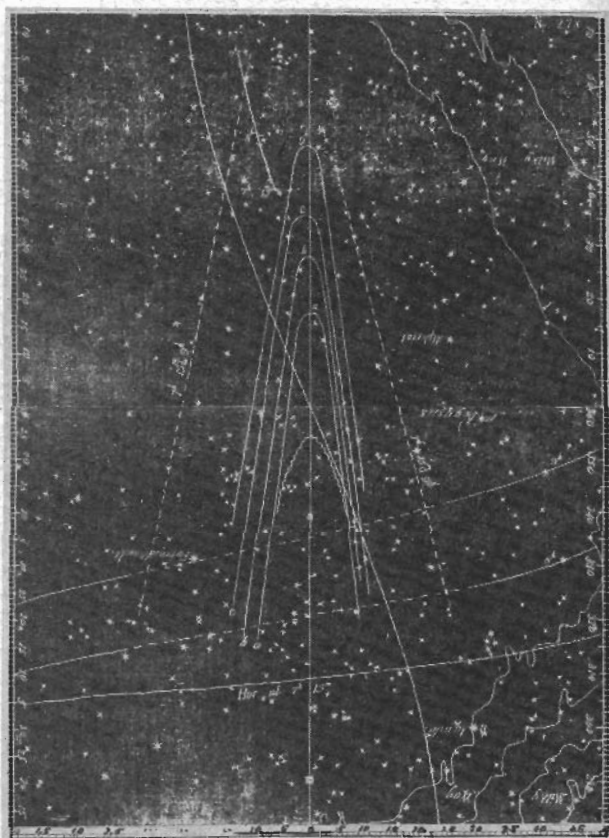


Рис. 7. Зарисовка Джонсом Зодиакального света

Профессор Ямамото, директор обсерватории Киотского университета, расположенной в Ханаяме, издавна указывал на важность изучения явления Зодиакального света и возлагал большие надежды на наблюдения этого явления астрономами-любителями даже невооруженным глазом. Он поощрял также деятельность в этом направлении членов возглавлявшейся им тогда Ассоциации астрономов стран Востока. На съезде Международного астрономического союза (МАС), проходившем в Стокгольме в 1936 году, профессор Ямамото был избран председателем подкомиссии МАС по Зодиакальному свету.

Усилиями Ямамото в одном из уездов префектуры Хиросима была создана станция наблюдений Зодиакального света. Для работы на станции был приглашен, в частности, Минору Хонда, который начал здесь систематические наблюдения и изучение этого явления. Данный район — побережье Внутреннего японского моря (между островами Хонсю, Сикоку и Кюсю) — отличается наибольшим в Японии числом ясных дней в году. К тому же в те времена здесь не было сильного искусственного освещения и поэтому он был очень удобен для наблюдений слабого Зодиакального света.

Работая здесь и пользуясь перерывами в наблюдениях Зодиакального света, Хонда начал заниматься поиском комет. Результатом его двухлетних усилий явилось открытие небольшой кометы в созвездии Льва, которую он обнаружил на рассвете 4 октября 1940 года. Однако за трое суток до этого комета уже была открыта другим японцем — Сигэки Окабаяси, работавшим на обсерватории Ку-

расики (префектура Окаяма). Создание этой обсерватории также было делом профессора Ямамото, она была построена на пожертвования, поступившие в Общество друзей астрономии, которое было предшественником Ассоциации астрономов стран Востока.

4 октября 1936 года Окабаяси, находясь в городе Кобе, открыл Новую в созвездии Стрельца. Наряду с уже упоминавшимися открытиями Новой Гоми и новой кометы Кахо, а также наблюдениями, связанными с полным солнечным затмением на острове Хоккайдо, это ознаменовало выдающийся всплеск астрономических достижений Японии в том году. Окабаяси, всегда мечтавший открыть Новую, наизусть помнил расположение всех видимых невооруженным глазом звезд в окрестностях Млечного Пути. Появление Новых в этом участке небесной сферы не является редкостью. Когда Окабаяси обнаружил Новую в созвездии Стрельца, ее блеск был в 10 раз слабее блеска Полярной звезды.

После этого Окабаяси был приглашен на работу в обсерваторию Курасики и здесь начал организованный поиск Новых. В апреле 1939 года он обнаружил комету, которая, как оказалось, уже была открыта группой советских астрономов-любителей во главе с С. Н. Юрловым⁴. 1 октября следующего года Окабаяси удалось заметить едва уловимый слабосветящийся объект в созвездии Льва, но ему не удалось выяснить нап-

⁴ Речь идет о комете 1939 III, открытой в СССР С. Н. Юрловым и И. В. Ахмаровым, а также независимо в Норвегии Хасселем. — *Прим. ред.*

равление движения объекта, так как наступил рассвет. Окабаяси никому не сообщил о замеченном, дожидаясь возможности подтвердить свое открытие утром следующих суток. Однако, к сожалению, последующие двое суток стояла дождливая и туманная погода, и лишь на четвертые сутки удалось получить необходимое подтверждение. Комета получила название кометы Окабаяси — Хонды 1940e.

Окабаяси погиб во время второй мировой войны. Он был одним из пионеров организованного поиска комет в Японии, и его имя навеки связано с названием одной из комет.

ОТКРЫТИЕ КОМЕТЫ, СДЕЛАННОЕ ВО ВРЕМЯ ВОЙНЫ

В октябре 1941 года Минору Хонде удалось заметить новую комету, но оказалось, что эту же комету открыли также американец Френд и Рис из ЮАР, и она была названа кометой Френда — Риса — Хонды 1941a.

Разразилась вторая мировая война, Хонда был призван в армию. Находясь в составе японских вооруженных сил, занявших остров Сингапур, он на свалке поломанной боевой техники в Сингапуре случайно нашел 7-сантиметровую линзу. Используя ее для сооружения маленького телескопа, Хонда с его помощью начал искать кометы. Будучи в действующей армии, он не имел права посылать письма домой, не мог даже сообщить, что жив и где находится (это, по мнению командования, раскрывало дислокацию войск, где он служил). Как думал Хон-

да, если ему удастся открыть комету и об этом станет широко известно, то его домашние по крайней мере узнают, что он жив.

В июне 1942 года ему посчастливилось обнаружить комету. Об этом стало известно в Японии благодаря сообщению японского корреспондента. Однако это была уже открытая ранее комета Григга — Шьелле-рупа, предсказавших ее момент прохождения перигелия в мае того года. К тому же все необходимые параметры этой короткопериодической кометы были рассчитаны другим японским астрономом Сигэру Синодой после ее наблюдения на Токийской обсерватории 9 мая того же года.

Справедливости ради следует сказать, что ни до, ни после этого случая не было, чтобы кто-нибудь, подобно тому как это случилось с Хондой, открыл комету во время военных действий. Позже из информации, полученной через нейтральные страны, стало известно, что еще 11 апреля эту комету обнаружил американец ван Бисбрук. В то время сообщение об обнаружении кометы передавалось не телеграммой, а почтовой открыткой, отчего информация, естественно, опаздывала.

КОМЕТЫ ХОНДЫ ПОСЛЕ ВОЙНЫ

15 августа 1945 года война для Японии была окончена и наступил мир. Хонда демобилизовался в 1946 году и вернулся в свою родную деревню в префектуре Хиросима. Мир испытывал послевоенные трудности, особенно тяжелым было положение с продо-

вольствием. Плохо обстояло дело и со снабжением электроэнергией, что, кстати, имело и свой плюс для астрономов, создавая благоприятные условия для наблюдений звезд на действительно темном небе. Несмотря на повседневную тяжелую борьбу за существование, за обеспечение семьи минимальным пропитанием, Хонда, усердно отработав целый день в поле, по ночам доставал свой любимый телескоп, так долго не находивший применения, и начинал поиски комет.

Вскоре к нему пришел успех. Это случилось осенью 1948 года. Утром 14 ноября в созвездии Вóрона он открыл небесное тело, напоминавшее комету без ядра и хвоста. На следующее утро Хонда произвел уточняющее наблюдение и после выяснения параметров движения кометы сообщил телеграммой о своем открытии в Токийскую обсерваторию. В это время, в условиях оккупации Японии американцами, нечего было и думать о том, чтобы послать прямую международную телеграмму. Тогдашний директор Токийской обсерватории профессор Хагихара, придя в американский Объединенный штаб Верховного главнокомандования, обратился с настоятельной просьбой передать представителям международных астрономических кругов сообщение об открытии кометы Хондой. В конце концов «астрономическая» телеграмма об этом была послана в обсерваторию Гарвардского университета в США.

На Токийской обсерватории после получения телеграммы от Хонды подготовились к фотографированию кометы, и даже была спилена верхушка одной из сосен, закрывавшая небо возле горизонта, где ожидалось появ-

ление кометы. Однако такая возможность не представилась из-за наступления туманной погоды, и поэтому в течение четырех суток, с 14 по 17 ноября, схематический рисунок Хонды оставался единственным результатом наблюдения кометы в Северном полушарии.

Сотрудник Токийской обсерватории Хиро-зе, используя эту схему, сумел всего за 3 часа на своем ручном арифмометре получить параметры орбиты кометы. Поскольку знание орбиты давало возможность предсказывать будущие положения кометы, было принято решение послать результаты расчета орбиты в обсерваторию Гарвардского университета, воспользовавшись прежней возможностью связи через американские военные власти. Используя эти данные, Джонсон на обсерватории Юниэн в Южной Африке смог получить снимки кометы 28 ноября, и таким образом было подтверждено открытие кометы Хонды 1947 m .

В смутное послевоенное время открытие кометы Хондой, ставшее широкоизвестным фактом, вызвало широкий международный резонанс и вместе с тем стало памятным событием во внутренней жизни страны, всколыхнув прилив новых надежд и чаяний у тогдашнего молодого поколения Японии. В следующем же году Хонда одну за другой открыл еще две новые кометы, соответственно в июне и в декабре. Новая июньская комета была достаточно яркой, и Хонда обнаружил ее невооруженным глазом. Эта же комета с некоторым опозданием была открыта также итальянцем Бернаскони, поэтому она была названа кометой Хонды — Бернаскони 1948 g .

Комета, обнаруженная в декабре, была тремя сутками позднее также независимо открыта чехословацкими учеными Мрксом и Пайдушаковой на обсерватории Скалнате Плесо и получила название кометы Хонды—Мркса — Пайдушаковой 1948л. Эта новая короткопериодическая комета, имеющая период обращения 4,5 года⁵, стала первой короткопериодической кометой, названной именем японского астронома.

Весной 1948 года в Токио состоялась конференция Астрономического общества Японии. На ней Хонде была вручена первая после войны награда этого общества за открытие новых небесных объектов. По этому случаю была изготовлена медаль нового образца (рис. 8), на которой были изобра-

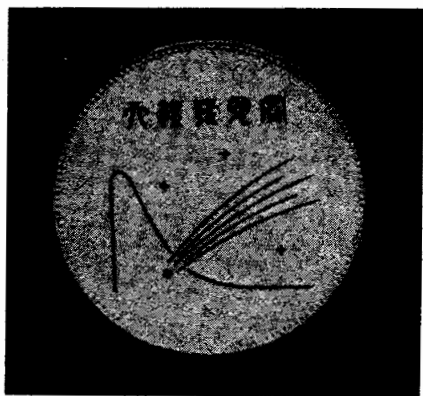


Рис. 8. Медаль Японского астрономического общества

⁵ По другим оценкам период обращения этой кометы составлял 5,2 года для эпохи 1948 года. — *Прим. ред.*

жены комета и кривая линия, отображающая изменение яркости Новой. Эскиз медали был разработан тогдашним директором Токийской обсерватории Горо Исидой, который в настоящее время является заместителем руководителя Центра астрофизических наблюдений при Токийской обсерватории.

После этого в Японии начался стремительный рост открытий небесных тел, стимулируемый открытиями новых комет Хондой. Стала привычной процедура награждения за открытие новых небесных объектов, осуществляемая ежегодно весной во время сессий Астрономического общества Японии. Хотелось бы надеяться, что эта единственная в мире система поощрений за достижения в данной области будет существовать и в дальнейшем ⁶.

Впоследствии Хонда перешел на работу в обсерваторию Курасики, где он стал преемником Окабаяси. Здесь ему удалось открыть несколько комет — в апреле 1953, июле 1955, апреле 1962 и июне 1964 годов. Остается только поражаться его успехам, которых он добился, несмотря на малоблагоприятные условия наблюдений вблизи большого города. И вот в 1968 году он снова одну за другой открывает три новые кометы — в ап-

⁶ В СССР в 1974 году также учреждена медаль Астрономического совета АН СССР «За обнаружение новых астрономических объектов», которой, в частности, награждаются и первооткрыватели комет. Лауреатами медали, открывшими новые кометы или предсказавшими появление «утерянной» кометы, уже стали (в порядке награждения) К. И. Чурюмов, С. И. Герасименко, Т. М. Смирнова, Н. С. Черных (дважды), А. М. Бахарев, С. М. Козик, Н. А. Беляев, В. В. Емельяненко, К. Т. Чернис, И. З. Петраускас. — *Прим. ред.*

реле, июле и августе. Открыв в общей сложности 12 новых комет в условиях сильной конкуренции со стороны всемирного сообщества «охотников за кометами», Хонда стал своего рода рекордсменом.

С 60-х годов Хонда начал при поиске комет использовать небольшую фотокамеру, осуществляя своего рода фотопатрулирование неба. Фотографирование небесных тел с помощью специальных инструментов для специалистов не было новостью. Однако Хонда, умело используя современные достижения в области фотоаппаратуры и фотоматериалов, стал инициатором применения обычной 35-миллиметровой фотокамеры для целей наблюдения небесных тел.

Накопление материалов небесной фототеки является исключительно важным для изучения необычных небесных явлений, поскольку открывается возможность нахождения каких-либо их следов в прошлом. В обсерватории Гарвардского университета (США) хранение фотографий неба ведется с 50-х годов прошлого века, и в случае, например, появления новой кометы есть возможность, просмотрев анналы фототеки, выяснить возможную предысторию кометы или характер изменения ее яркости.

Хонда использовал одновременно два проектора для слайдов и путем сравнения пленок, снятых в разное время, замечал, таким образом, появление новых небесных тел. Подобным методом он уже открыл для мировой астрономии 4 Новые, ему также принадлежит заслуга в изучении характера роста яркости Новых. Этот метод перенял у Хонды Й. Кувано, который, начав фотографи-

рование неба всего несколько лет назад, достиг удивительных результатов, открыв 5 Новых в одном только участке неба.

В настоящее время Хонда оставил свою прежнюю специальность и перешел на работу детским воспитателем в своем родном городе Курасики. Однако он находит возможность выделять часть ночного времени для своего любимого дела — поиска комет, хотя это теперь и сложнее делать из-за сильного искусственного освещения ночью. Тем не менее ему удалось обнаружить Новую в созвездии Лебедя, и это открытие, сделанное Хондой летом 1975 года, свидетельствует о том, что он по-прежнему полон сил и творческих замыслов.

ЗАРУБЕЖНЫЕ СОПЕРНИКИ

Из зарубежных «охотников за кометами» в настоящее время одним из первых идущих за Хондой по числу открытий комет является американец Пелтье. В 1917 году, когда ему было всего 16 лет, он впервые посмотрел на небо в телескоп и с тех пор начал вести поиск комет и наблюдения переменных звезд. В 1922 году он взял в Принстонском университете напрокат телескоп (это был рефлектор с 15-сантиметровым зеркалом), с помощью которого в 1925 году открыл свою первую комету. Используя им телескоп имел неплохой «послужной список»: работавший на нем ранее Даниэль открыл три кометы.

Пелтье оборудовал себе вращающийся наблюдательный пост и, не жалея сил, стал

трудиться в своей наблюдательной лаборатории, в которой он вращался вместе с телескопом. Директор обсерватории Гарвардского университета высоко оценил его работу, назвав его «самым выдающимся астрономом мира среди непрофессионалов». До 1954 года Пелтье открыл 11 комет⁷.

Еще одним «соперником» Хонды является гражданин ЧССР Мркос. Хотя Чехословакия и небольшая страна, она имеет большую историю исследований в области астрономии. Около 400 лет назад в 1572 году, в созвездии Кассиопеи вспыхнула «новая» звезда, которая была настолько яркой, что ее блеск был замечен даже днем и она наводила страх на современников. Живший в то время в Дании Тихо Браге, выходец из знатного рода, провел тщательные и продолжительные наблюдения этой звезды и выяснил, что ее положение среди окружающих звезд остается совершенно неизменным.

Это было еще до наблюдений Галилеем в свой телескоп, но в то время уже хорошо было известно, что положение Луны среди звезд непрерывно изменяется. Греческий философ Аристотель считал Землю центром мироздания, а все остальные небесные тела, находящиеся дальше Луны, расположенными на небесной сфере и полагал, что там не происходит совершенно никаких изменений, связанных с зарождением или гибелью чего-либо. Эта точка зрения поддерживалась религиозными кругами и до XVI века была господствующей среди европейцев.

⁷ По другим данным, Пелтье открыл 10 комет. — Прим. ред.

Из того факта, что «новая» звезда не меняла своего положения среди звезд, был сделан вывод, что она представляет собой небесное тело, удаленное от Земли на большее расстояние, чем Луна. Однако тот факт, что ее яркость менялась, порождал серьезные сомнения в правильности точки зрения Аристотеля на неизменность объектов небесной сферы. После шестимесечных наблюдений «новой» звезды, продолжавшихся до тех пор, пока она не перестала быть видимой невооруженным глазом, у Тихо Браге возник непреодолимый интерес к астрономии, и он решил посвятить всю свою жизнь исследованиям в этой области.

«Новая» звезда в созвездии Кассиопеи (в действительности она оказалась Сверхновой, которые вспыхивают в результате катастрофического взрыва звезды, после чего остаются расширяющаяся газовая туманность и компактный звездный остаток.— *Прим. ред.*) в настоящее время носит название Сверхновой Тихо Браге. Это одна из Сверхновых, вспыхнувших в просторах Млечного Пути — звездной системы, к которой принадлежит и наше Солнце со своей планетной системой. Остатком взрыва одной из таких Сверхновых является объект № 1 в каталоге туманностей и звездных скоплений Мессье, носящий также название Крабовидной туманности (М 1). Крабовидная туманность образовалась в результате гигантского взрыва звезды, произошедшего примерно 900 лет назад, и представляет собой остатки этого взрыва. Она испускает мощное электромагнитное излучение в диапазоне от коротковолнового рентгеновского излучения до

длинноволнового радиоизлучения и привлекает к себе повышенное внимание современных астрофизиков. Сильное радиоизлучение испускает и остаток Сверхновой Тихо Браге — радиоисточник Кассиопея В.

Тихо Браге, воодушевленный наблюдениями необычной звезды в созвездии Кассиопеи, начал усиленно изучать астрономию и в 1576 году при поддержке датского короля Фредерика II построил на острове Вен, неподалеку от побережья Балтийского моря обсерваторию Ураниенбург. Здесь он около 20 лет занимался наблюдениями положений планет и других небесных тел. И хотя Тихо Браге вел свои наблюдения невооруженным глазом (еще не был изобретен телескоп), тем не менее он оставил в наследство астрономам будущих поколений значительное число наблюдательных данных, отличавшихся высокой точностью. Систематизировав эти ценные результаты, его ученик Кеплер пришел к открытию своих трех законов движения планет.

В 1577 году, по истечении примерно 5 лет с тех пор, как погасла «новая» звезда в созвездии Кассиопеи, появилась большая комета с длинным хвостом. В то время, когда Тихо Браге вел детальные наблюдения этой кометы, примерно в 600 километрах от его обсерватории, в Праге, эту комету также наблюдал Тадеуш Хагесий, медик по образованию, который увлекся астрономией.

Позже, в 1600 году, Тихо Браге переехал в Прагу и попросил приехать к нему Кеплера. Кеплер получил и сравнил результаты наблюдений Тихо Браге и Хагесия и сделал вывод, что положение большой кометы

1577 года относительно звезд было почти одинаковым для обоих. Отсюда он сделал заключение, что кометы также являются небесными телами, расположенными от Земли дальше Луны. А до того времени были убеждены, что кометы могут находиться чуть ли не в атмосфере, где-то за облаками.

В настоящее время в Чехословакии, продолжающей великие традиции Тихо Браге, Кеплера и Хагесия, имеется несколько современных обсерваторий. Одна из них, в Скаланате Плесо, расположена на высоте 1783 метра над уровнем моря в чехословацких Татрах и располагает рефлектором с зеркалом диаметром 60 сантиметров, изготовленным фирмой «Карл Цейс». Эта обсерватория после окончания второй мировой войны приступила к разработке и реализации специальной программы наблюдений и исследований комет. Цель этой программы состояла в попытке оценить общее количество комет в Солнечной системе. Была разработана методика обязательного обнаружения всех комет, которые только могут быть обнаружены с помощью указанного телескопа, использовавшегося только для этих целей.

В качестве первого шага в реализации этой программы директор обсерватории Бечвар, используя метод Мессье, изготовил звездные карты с зафиксированными на них туманностями и звездными скоплениями, которые легко принять при наблюдениях за кометы. Известно, что, путешествуя по незнакомой местности, вы чувствуете себя более уверенно, если у вас есть карта этой местности. Тем же целям ориентировки (на небе) служат и звездные карты.

Всего было создано 16 карт звездного неба (небо было разбито на 16 участков), куда было занесено около 30 000 звезд вплоть до имеющих 7,75-ю звездную величину, которые по яркости примерно в 10 раз слабее самых слабых звезд, еще видимых невооруженным глазом. На картах также было зафиксировано около 3000 туманностей и звездных скоплений, видимых в 10-сантиметровый телескоп. Эти карты получили название карт звездного неба Бечвара, они широко применяются не только в целях поиска комет, но и при решении других задач наблюдательной астрономии.

По завершении основных этапов подготовки несколько работников обсерватории Скалнате Плесо с 1945 года приступили к организованному поиску комет. В работе был использован 10-сантиметровый «кометоискатель» — бинокулярный телескоп с 25-кратным увеличением, в поле зрения которого ввиду хороших условий наблюдений в горной местности с чистым воздухом должны были быть заметны кометы до 11-й звездной величины. Первый успех пришел уже в следующем году, когда была открыта комета, получившая название кометы Пайдушаковой — Ротбарта — Вебера 1946b. Директор обсерватории Бечвар тоже открыл комету — комету 1947c.

Среди сотрудников этой обсерватории обращают на себя внимание исключительной активностью Мркос и Пайдушакова. Мркос, с 1950 года перейдя на метеостанцию, расположенную на вершине Ломницки Штит на высоте 1163 метра, продолжал поиски комет. В общей сложности этой группой ас-

трономов за 15 лет было открыто 26 комет. С именем Мркоса связано открытие 15 комет, в том числе и переоткрытия короткопериодических комет. Все обнаруженные за этот период кометы были в основном открыты Хондой, Мркосом и Пелтье.

Человеком же, который открыл больше всех комет за свою жизнь, был француз Понс. Сначала он работал сторожем на Марсельской обсерватории, но впоследствии, самостоятельно изучив астрономию и построив собственными руками телескоп, стал работать на той же обсерватории ассистентом. С тех пор как он открыл свою первую комету в 1801 году, почти каждый следующий год ему удавалось найти новую комету. Всего же за 26-летний период (по 1827 год) им было открыто 37 новых комет⁸, и за то, что он как бы «притягивал» к себе кометы, Понс заслужил прозвище «Кометного магнита».

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКРЫТИЙ КОМЕТ ПО СТРАНАМ

В табл. 1 сделана попытка «распределить» кометы, открытые с начала XX века, по странам. В число новых комет включены и короткопериодические кометы, которые исчезли, но были переоткрыты на основании уточненных расчетов орбиты, а также первые открытия короткопериодических комет.

Отнесение открытия к определенной стра-

⁸ По официальным данным, Понс открыл 33 новые кометы (из них 3 короткопериодические).— *Прим. ред.*

Таблица 1

Количество первооткрывателей комет,
открытий и переоткрытий комет
по странам с начала XX века

Страна	Перво- открыва- тели	Откры- тия	Пере- откры- тия
Австралия	3	5	
Аргентина	4	4	10
Бельгия	4	6	1
Ватикан	1	1	
Великобритания	2	5	1
Венгрия	2	2	
Германия*	13	26	14
Дания	1	1	
Испания	3	4	
Италия	1	2	
Китай		2	
Мексика	2	2	
Новая Зеландия	5	7	1
Норвегия	1	1	
Польша	1	4	
Румыния	1	3	
Советский Союз	9**	20	6
Соединенные Штаты	52	117	166
Филиппины	1	1	
Финляндия	2	7	1
Франция	8	19	8
Чехословакия	4	26	8
Чили	3	3	
Швейцария	2	7	
Швеция	1	1	
ЮАР	15	49	14
Япония	17	40	18

* Естественно, что в послевоенные годы здесь в сум-
ме учтены достижения ГДР и ФРГ.

** К середине 1981 года количество первооткрывате-
лей комет достигло — 17.— *Прим. ред.*

не не всегда однозначно — астрономия как наука носит международный характер. Например, чех Когоутек открыл свою комету (1973 *f*) в ФРГ, на обсерватории в Гамбурге. Подобным же образом обстояло дело и с кометой Веста (1976 *n*): негативы ее снимков, полученных на горе Ла Силла (Чили), где располагается Европейская южная обсерватория, были доставлены в штаб-квартиру обсерватории в Женеву (Швейцария), где и было обнаружено, что Вест сделал открытие.

В табл. 1 приводятся результаты общего подсчета открытий комет по месту наблюдения. При подсчете числа первооткрывателей учитывались первые три фамилии, упомянутые в названии кометы, хотя в действительности число людей, наблюдающих появление новой кометы, обычно гораздо больше.

Здесь же приводится численная характеристика участия в переоткрытии короткопериодических комет по странам с начала XX века. В данном случае можно надеяться на более точное разграничение по странам, поскольку переоткрытия производятся с помощью крупных телескопов, и здесь невелик шанс, что несколько таких телескопов одновременно используются для изучения одной и той же кометы.

В табл. 2 представлены по 5-летним периодам результаты подсчета числа комет, проходивших свой перигелий в хронологическом порядке, начиная с 1871 года. Во второй колонке указано число открытых новых комет, а в третьей — переоткрытых короткопериодических комет.

Во время двух мировых войн (1914 — 1918

Таблица 2

**Открытия новых
и переоткрытия короткопериодических комет
в разные периоды
за последнее столетие**

Период	Открытия	Пере- открытия
1871—1875	13	8
1876—1880	14	7
1881—1885	19	3
1886—1890	25	9
1891—1895	16	8
1896—1900	18	9
1901—1905	15	3
1906—1910	17	10
1911—1915	20	7
1916—1920	10	7
1921—1925	16	9
1926—1930	18	11
1931—1935	13	14
1936—1940	15	11
1941—1945	20	11
1946—1950	30	16
1951—1955	27	19
1956—1960	17	24
1961—1965	16	24
1966—1970	26	31
1971—1975	29	37
Итого	394	274

и 1941—1945 годы) отмечался некоторый спад числа наблюдавшихся появлений комет. И это легко понять: число замеченных появлений комет во многом зависит от активности «охотников за кометами». Из причин, приведших к увеличению числа открытий комет в настоящее время, можно указать такие факторы, как создание крупных телескопов и улучшение качества и возможностей фотоматериалов, что позволяет теперь замечать даже слабые кометы.

Поразительным является тот бум, который наблюдается в деятельности «охотников за кометами» в Японии. При появлении новой кометы ее, как правило, почти одновременно замечает несколько японских астрономов-любителей, имена которых часто фигурируют в названиях комет. Так, новую комету, появившуюся на небе 30 апреля 1968 года в созвездии Андромеды, почти одновременно открыли шесть японских любителей. С учетом порядка поступления известий об ее открытии на Токийскую обсерваторию она получила название кометы Таго — Хонды — Ямамото 1968a. Итагаки, Сато и Рудзикава также открыли эту комету, но их имена не были отражены в ее названии.

26 июля 1961 года японец Хаяси, работавший на метеорологической станции в Киндзи, встал в 3 часа утра, чтобы заступить на свою смену ночного дежурства на станции. Небо было чистым, и Хаяси вдруг заметил на нем светлое пятно. Сначала он не придавал этому особого значения, но, взглянув второй раз и хорошенько присмотревшись, сообразил, что видит комету, только хвост ее был не обычным — веерообразным, а цилиндри-

ческим. В нижней части хвоста виднелась ярко светящаяся точка. Хаяси позвал других работников станции, которые удостоверились в правильности его слов, но вскоре предрасветная заря скрыла от них это зрелище. Было отмечено, что яркость кометы соответствовала яркости звезды 3-й величины, а протяженность ее хвоста оценивалась в 40° .

Впервые на эту комету обратил внимание Вильсон⁹, штурман пассажирского самолета, направлявшегося 23 июля из Гонолулу на Гавайях в Портленд. В то время комета уже прошла свой перигелий (18 июля) и начала удаляться от Солнца. Всего было 8 человек, включая Хаяси, которые в разных частях света независимо друг от друга открыли эту комету. Длинный хвост кометы на следующие сутки стал почти невидимым в лунном свете (наступило полнолуние), поэтому тщательные наблюдения Хаяси оказались ценным материалом.

В ночь на 30 июля 1957 года Сукехио Курагано (из префектуры Канагава) совершал вместе со своими друзьями ночное восхождение на гору Фудзияма. Во время привала, когда небо только начало слабеть, они обратили внимание на появившуюся над линией горизонта на северо-востоке короткую светлую полосу, которую можно было бы принять за белое облачко. Они заметили, что эта светлая полоска находилась в созвездии Близнецов, но не придали всему

⁹ Еще на несколько часов раньше эту комету заметила Рос — стюардесса самолета, пролетавшего над Сахарой. — *Прим. ред.*

этому особого значения и продолжали восхождение, а 1 августа вернулись домой.

По возвращении домой Курагано, посмотрев на имевшуюся у него карту звездного неба, решил, что то, что ему довелось увидеть при восхождении, были близко расположенные звезды β и α в созвездии Близнецов, и никому ничего не сказал об увиденном. А между тем это была новая комета. Мркос 2 августа уже сообщил о своем открытии большой яркой кометы в созвездии Близнецов, сделанном им 1 августа. Курагано увидел эту комету двумя сутками раньше, однако поскольку он не произвел необходимых уточнений, то считается, что он ее не открыл.

Из 42 новых комет, открытых «охотниками за кометами» во всем мире за 1961—1970 годы, 23 были открыты японцами, так что им тут принадлежит бесспорное первенство. Самым известным зарубежным «охотником за кометами» последнего времени стал австралийский астроном-любитель Бредфилд, живущий в городе Аделаида. Поводом к сильному увлечению астрономией и поиску комет стал для него факт превращения кометы 1969i, открытой Беннетом из ЮАР, в большую яркую комету (рис. 9).

Для поиска комет Бредфилд, специалист по ракетным топливам, использует изготовленный им 15-сантиметровый телескоп, снабженный фотокамерой. В Австралии также существуют упоминавшиеся раньше световые помехи для наблюдения за ночным небом, а поскольку из своего дома Бредфилд, кроме того, не имеет возможности видеть участки неба, непосредственно примы-



Рис. 9. Комета Беннета (1969i).

кающие к горизонту, то он, разобрав свой телескоп и сев в автомашину, едет для поиска комет в западной части неба в загородный дом, за 50 километров от города, а для наблюдений в восточной части неба — в загородный дом за 15 километров от города.

И вот Бредфилд добивается выдающихся успехов, открыв в 1972 и 1974 годах по одной, а в 1975 и 1976 годах по две новые кометы. Представители повсеместно существующих в Австралии отделений Общества друзей астрономии ежегодно собираются на свой съезд и, что самое удивительное, открытия Бредфилда происходят почти всегда накануне подобных встреч. Поговаривают, что он, приступая к своим поискам, всегда начинает с обзора северной части небосклона, видимой также и из Японии. В определенном смысле соревнование между австралийским и японскими «охотниками за кометами» за «часы и минуты» можно уподобить своего рода спортивному состязанию¹⁰.

¹⁰ К 1981 году на счету Бредфилда было уже 11 новых комет, и в этом он сравнялся с Мрксом и отстает всего лишь на одну комету от Хонды — *Прим. ред.*

ГЛАВА 3

СЛОЖНОСТИ
И УДАЧИ
В ПОИСКАХ
КОМЕТ



КАНДА И ЕГО РОЛЬ В ИЗУЧЕНИИ КОМЕТ В ЯПОНИИ

Анализируя стремительный рост активности и достижений «охотников за кометами» в Японии в последнее время, нельзя не вспомнить одного человека, бывшего инженера Токийской обсерватории, ныне покойного Сигэру Канду. Канда окончил астрономическое отделение физико-математического факультета Токийского университета и вскоре начал работать на Токийской обсерватории.

Канда решил собрать из старых японских рукописей все относящееся к кометам, а затем, по совету тогдашнего директора обсерватории Хираяма, и все то, что относилось к астрономии вообще. Обществом содействия развитию науки в результате проделанной им работы был выпущен труд под названием «Материалы истории астрономии в Японии». Сюда были включены все без исключения записи таких событий, как солнечные и лунные затмения, появления на небе комет и Новых. Этот труд стал незаменимым материалом не только для всех последующих исследований в области истории астрономии в Японии, но и для истории науки в Японии вообще.

Издаваемый сейчас Токийской обсерваторией «Ежегодник естественных наук» широко используется теми, кто занят в непрерывно расширяющейся сфере подготовки кадров и проведении исследований в области естественных наук. Канда был первым ответственным редактором ежегодника и прилагал все силы к тому, чтобы это издание

по возможности обладало полнотой и совершенством. Кроме того, наряду с выполнением своих обязанностей на обсерватории, он всегда принимал активное участие в деле воспитания молодых астрономов-любителей и руководства ими.

По сравнению с другими областями науки роль любителей в астрономии очень велика. Наблюдение за небесными телами, в отличие, скажем, от экспериментов в области физики или химии, исключает повторение или переделку. Вследствие изменений погодных условий могут стать невозможными полноценные наблюдения из определенной точки земной поверхности. Кроме того, небесных тел — объектов наблюдений и исследований — так же, образно говоря, много, как звезд на небе, и поэтому число имеющих специалистов в этой области явно недостаточно для выполнения всех работ в нужном объеме.

Следовательно, для преданных своему делу астрономов-любителей предоставляется самое широкое поле деятельности. В частности, ареной плодотворной деятельности для астрономов-любителей, живущих в различных уголках света, могут стать наблюдения переменных звезд, поиск Новых и новых комет. Японское астрономическое общество, созданное в 1908 году, на две трети состоит из астрономов-любителей, что резко отличает его от подобных обществ в других областях науки.

Сигэру Канда вдохновлял астрономов-любителей на наблюдение метеоров и переменных звезд, создавал условия для обнародования результатов любительских наблюде-

ний в печати. Он даже предлагал свою помощь и руководство школьникам, живущим в его районе и интересующимся астрономией. Немало из них впоследствии стали астрономами-профессионалами, в том числе и ставшие потом директорами Токийской обсерватории Х. Хироэ и М. Хурухата.

Кометы были одной из тех проблем, которыми Канда интересовался в течение всей своей жизни. В 1924 году он издал книгу под названием «Кометы», ставшую учебным пособием в данной области. В то время труд англичанина Чеймберса «Рассказ о кометах», изданный в 1909 году, был единственным специальным пособием по проблемам, связанным с изучением комет. По содержанию книга Канды делилась на 16 глав: общая теория, физические свойства комет, хвост кометы, движение кометы, открытия комет, наблюдения комет, кометы из семейства Юпитера, кометы из семейства Сатурна и Урана, кометы из семейства Нептуна, комета Галлея, большие кометы XIX века, кометы последнего времени, кометы из древней истории, спектроскопические исследования комет, связь между кометами и метеорными потоками, статистическое изучение комет. Нужно представить себе уровень развития науки того времени, в частности астрономии, чтобы оценить важность и смелость шага, предпринятого тогдашним издательством «Кикихан», выпустившим книгу со столь специальным содержанием.

В разделе об открытиях комет в указанной книге имелись такие заголовки, как «Желательность поиска комет повсеместно» или «Необходимость поиска комет», и это в

то время, когда в Японии были обнаружены всего лишь две кометы, да и то это были новые появления короткопериодических комет. Новых же комет не открывали, и никто даже не надеялся, что наступят времена, когда и в Японии появятся энтузиасты поиска комет, подобные Понсу или Барнарду.

Позже Канда опубликовал книгу «Беседы о кометах», выпущенную издательством «Санседо» в цветном оформлении, и брошюру «Кометы и метеоры» из серии «Кафедра физики и химии» издательства «Иванами сэтэн». Первая из них являлась научно-популярной книгой, вторая носила более специальный характер. Издание этих книг способствовало повышению общего интереса к астрономии, и к кометам в частности. Кроме того, сам Канда выполнял расчеты орбит комет, предвычислял их положения, издавал «Вестник Канды» и «Вестник Токийской обсерватории», что в сильной степени способствовало успешной работе людей, наблюдавших за небом.

В 1944 году Канда ушел со своей должности в Токийской обсерватории и, основав Японскую ассоциацию астрономических исследований, полностью ушел в работу, связанную с наблюдениями, ведущимися астрономами-любителями. И тем, кто впоследствии оправдал надежды Канды, отдавая все силы поиску комет, стал Хонда. Добившись выдающихся результатов, о чем мы уже говорили, и придав этому делу новый импульс, Хонда воплотил в действительность то, о чем еще до наступления 50-х годов мечтал Канда.

РОЛЬ АСТРОНОМОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ

Канда умер в 1974 году, однако созданное им Японское астрономическое общество продолжает свою работу, и его деятельность связана теперь в первую очередь с именем Мураямы из Государственного научного музея в Токио. В первое воскресенье каждого месяца в этом музее созывается очередное собрание общества, на котором, как правило, присутствует свыше 30 любителей астрономии. На этих собраниях обсуждаются результаты наблюдений и исследований и подготавливаются к печати соответствующие сообщения. Подобные собрания любителей астрономии проводятся по всей Японии в рамках обществ друзей астрономии. Здесь завязываются дружеские контакты и вместе с тем проводится серьезное обсуждение работ. Такие собрания играют важную роль в обмене необходимой информацией.

Чтобы обеспечить наблюдения кометы или Новой на начальных этапах их открытия, необходимо как можно скорее сообщить наблюдающим небо астрономам-любителям информацию о появлении на небе этих объектов. С этой целью, получив известие об открытии нового небесного тела в Японии или за рубежом (согласно телеграмме из Центрального бюро астрономических телеграмм), Токийская обсерватория сразу извещает об этом руководство Ассоциации астрономов стран Востока и Японской ассоциации астрономических исследований. Таким образом, о сделанных открытиях через эти организации оповещаются все астрономы-любители в Японии.

Предполагается, что эти сообщения достигают каждого любителя на Японских островах через представителей обществ друзей астрономии. В наше время на этом последнем этапе доведения информации до рядового астронома-любителя, безусловно, удобнее всего использовать телефон, и, как правило, информация о появлении новой кометы очень быстро достигает своих адресатов. Это происходит еще и благодаря тому, что «охотники за кометами» обычно объединены в группы. Правда, есть и одиночки-любители, не входящие ни в какую организацию, которые порою присылают срочное сообщение о новом открытии в обсерваторию, «открывая» уже известную комету.

В случае нового астрономического открытия, осуществленного в Японии, пресса и телевидение сразу сообщают об этом, иногда даже в экстренных выпусках новостей. С информацией же об открытиях, сделанных за рубежом, иногда происходят небольшие задержки, а нередко она и вовсе отсутствует.

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ПОИСКА КОМЕТ

Методика поиска комет не предусматривает каких-то особых секретов. Основное, чем должен руководствоваться «охотник за кометами», состоит в том, чтобы иметь возможность просмотреть большой участок неба и при этом, перемещая объектив телескопа в различных направлениях, постараться заметить слабый свет кометы. При слишком быс-

тром передвижении объектива телескопа можно пропустить слабую комету, если же его передвигать медленно, опознавая небесные тела последовательно одно за другим, то на это уйдет много времени и не получится широкого поля поиска.

К счастью, кометы обычно видны как протяженные небесные тела несколько большего размера, чем неподвижные звезды, и поэтому их нетрудно распознавать среди бесчисленного множества звезд. У малых комет, которые могут быть замечены только в телескоп, хвост обычно не виден. Как уже отмечалось ранее, есть много неотчетливо видимых небесных тел, таких, как туманности, звездные скопления и т. д., которые могут быть приняты за кометы, что доставляет «охотникам за кометами» немало неприятностей.

Если при поиске, производимом с помощью телескопа, в поле зрения попадает небесный объект, излучающий слабый свет, необходимо, определив расположение окружающих звезд, свериться с картой туманностей и звездных скоплений Бечвара. Наблюдатель чувствует себя спокойнее и увереннее, когда «движется» по небу, сверяя свой путь со звездной картой, однако нередко случается и так, что он не может точно сказать, где на карте находится место, куда он направил свой телескоп.

Когда в поле зрения имеется какая-нибудь яркая звезда, то можно еще сориентироваться достаточно быстро, но если окружающие звезды слабы, то сделать это не так просто. Именно поэтому на телескопах устанавливают совсем маленький вспомогатель-

ный телескоп, который называется «искателем». Хотя в него не видны слабые звезды, но зато в его большое поле зрения обязательно попадают находящиеся поблизости яркие звезды, которые легко найти на карте, и тем самым можно сориентироваться на небе.

При отсутствии карты звездного неба с отмеченными на ней туманностями и звездными скоплениями делают зарисовку относительного расположения исследуемого небесного объекта и звезд, видимых в поле зрения телескопа (рис. 10). Перед началом поиска можно сделать небольшую заготовку для такой зарисовки: в середине бумажного листа с помощью циркуля рисуют круг диаметром около 5 сантиметров. Поскольку поле зрения телескопа выглядит круглым, заготовленный круг будет соответствовать полю зрения и в него при зарисовке будет

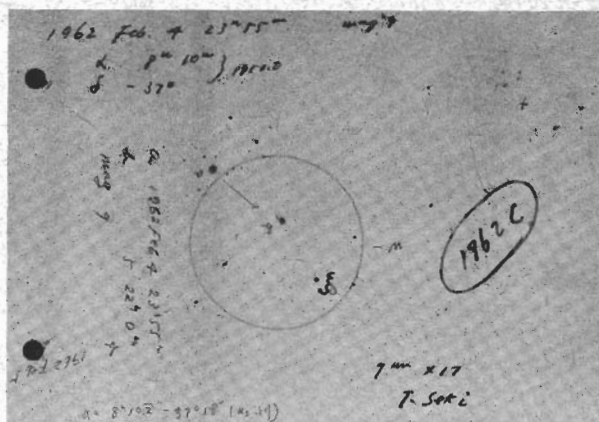


Рис. 10. Пример использования заготовки при наблюдении кометы

внесено расположение видимых в телескоп звезд. Затем нужно хорошенько оценить размеры, форму и яркость наблюдаемого небесного тела и отразить все это на рисунке. Необходимо дополнить зарисовку отметкой о времени обнаружения небесного тела, а также о продолжительности наблюдений.

Если вы подозреваете, что обнаруженный вами объект — комета, необходимо, переждав некоторое время, вновь оценить его положение: расположение кометы по отношению к соседним звездам должно измениться. Однако может случиться и так, что вам еще не удалось установить факт движения объекта, а уже начало светать или изучаемое небесное тело скрылось за линию горизонта на западной стороне неба. В этих случаях ничего не остается, как ждать следующей ночи. Ожидание покажется вам долгим, и будет казаться, что день длится бесконечно.

Наконец, вы смотрите в телескоп в то место неба, которое наблюдали вчера. Каким бы медленным движение кометы ни было, вы, сравнив положение кометы с зарисовкой, сделанной сутки назад, убедитесь, что ее положение относительно соседних звезд изменилось. Если же движение не наблюдается, это может быть либо слабо светящейся туманностью, даже и не отмеченной на звездной карте, либо скоплением нескольких очень слабых звезд, расположенных близко друг к другу.

И безусловно, крайне огорчительным будет тот случай, когда вы не обнаружите исследуемый объект в той области, где он у вас был зарисован прошлой ночью. Предположив, что вы не ошиблись и это комета,

поищите ее, предполагая различные варианты ее передвижения. Какой бы быстротой передвижения комета ни обладала, за один день она не могла уйти слишком далеко, и поэтому следует самым внимательным образом обследовать район около ее положения, отмеченного накануне. Вполне возможно, что вы вновь обнаружите слабый свет от небесного тела где-то в прилегающем участке неба. Сделав снова набросок положения исследуемого объекта, сразу же сообщите о своих наблюдениях на астрономическую обсерваторию ¹¹.

Самым неприятным вариантом, конечно, будет тот, когда в следующую ночь испортится погода и вы будете лишены возможности проводить наблюдения. И вполне может быть, что пока вы дождетесь хорошей погоды, исследуемое небесное тело уйдет слишком далеко, чтобы его можно было снова быстро разыскать. А может случиться и так, что с наступлением темноты вы просто ничего не обнаружите там, где что-то обнаружили накануне. Если, согласно прогнозу погоды, в вашем районе предполагается ее ухудшение, то есть у вас, вероятно, не будет шансов подтвердить появление изучаемого объекта, более разумным, очевидно, будет все же сделать сообщение пусть даже о единичном случае наблюдения подозрительного объекта.

¹¹ Советским «охотникам за кометами» о своих открытиях нужно телеграфировать по адресу: Москва, В-234, Университетский проспект, 13, ГАИШ или Киев-53, Обсерваторный переулок, 3, Группа комет. Подробнее об этом см.: Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. М., Наука, 1980, с. 137—139. — *Прим. ред.*

Получив ваше сообщение, на обсерватории предпримут попытки подтвердить факт появления нового небесного тела. На следующую ночь будут сделаны снимки указанной вами области неба и ее окрестностей. Если фотографирование подтвердит ваши наблюдения, будет послано сообщение об открытии новой кометы. В случае неблагоприятных для наблюдения условий на самой обсерватории она сообщит ваши сведения в другие наблюдательные пункты, в частности наиболее активным астрономам-любителям. Вполне возможно, что найдется ряд мест с хорошими условиями для наблюдений. В такой ситуации может выручить именно кооперация большого числа «охотников за кометами», стараниями которых может быть получено необходимое подтверждение открытия нового небесного тела.

ПАЗИТНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Когда объектив телескопа направляется на яркую звезду, в поле зрения могут появиться пятна света, которых в действительности нет на наблюдаемом участке неба. Этот отраженный от поверхностей линз или оправы объектива свет, попадающий так или иначе в поле зрения, носит название ложного, или паразитного изображения. Если вы хорошо изучили все особенности вашего телескопа, то быстро распознаете эти паразитные изображения, но, если вы еще не очень хорошо привыкли к вашей аппаратуре, то в подобном случае можете прийти к заключению, что обнаружили комету.

Если вы внимательно приглядитесь, то сможете обнаружить, что взаимное расположение наблюдаемого вами светового пятна и звезды изменяется. Это еще более уверит вас в том, что обнаружили не что иное, как комету, и вы срочно сообщаете об этом на обсерваторию. Однако положение паразитного изображения, порожденного яркой звездой, изменялось потому, что изменялось взаимное расположения телескопа и яркой звезды. На обсерватории, где получают ваше сообщение, учтут тот факт, что указанное положение предполагаемого небесного объекта близко к яркой звезде и, следовательно, возможна «ложная тревога». Но все же, несмотря на это, они, безусловно, должны будут провести контрольное наблюдение. Это будет сделано обязательно, так как нельзя полностью исключить возможность появления кометы вблизи яркой звезды.

Паразитные изображения удалось в значительной мере уменьшить с помощью специального покрытия поверхности линз. Но, несмотря на то что на изготовленных в последние годы линзах нанесено соответствующее эффективное покрытие, имеется еще одна неявная причина, способствующая появлению паразитных изображений. Это свет, отраженный от поверхности фотопленки в направлении линзы объектива. Отразившись затем от поверхности линзы, этот свет вновь попадает на пленку и дает паразитное изображение.

На пленке могут получаться изображения, напоминающие комету с хвостом, которые также заставят вас поволноваться, но они тоже не связаны ни с какими небесными

объектами. Здесь мы имеем дело с электростатическими зарядами, возникающими при прокручивании пленки и либо влияющими на ее чувствительность, либо способствующими тому, что взвешенные в проявителе пылинки скучиваются в определенных местах и при проявлении оставляют там свой след. При наличии только одного снимка невозможно разобраться, соответствует ли действительности все то, что на нем запечатлено. Поэтому надежное фотографирование небесных тел предусматривает обязательное повторение снимка.

Заставить вас поволноваться и подумать, не комета ли это, могут также паразитные изображения некоторых предметов, расположенных у поверхности Земли. Некоторые «охотники за кометами» при прочесывании участков неба, прилегающих к линии горизонта, внезапно находят круглое пятно света. Сверив свои наблюдения со звездной картой, они ничего зафиксированного в этом месте на карте не находят. Сделав зарисовку и продолжив наблюдение еще некоторое время, они обнаруживают, что положение светового пятна относительно близлежащих звезд меняется. Обычно отмечается движение этого пятна в восточном направлении.

Значительное по размерам, достаточно быстродвигающееся пятно кажется вам похожим на комету, подошедшую близко к Земле. Вы срочно пытаетесь определить размеры, яркость и направление движения этого крупного небесного тела, чтобы сообщить обо всем в обсерваторию, где предпринимают соответствующие усилия для под-

тверждения такого сообщения. Однако на обсерватории не удастся ничего обнаружить, и на то имеется естественная причина. Оказывается, то, что вы увидели в телескоп, было всего-навсего изолятором радиантенны на соседнем доме.

Дело в том, что для наблюдения звезд телескоп фокусируется на бесконечность. Следовательно, близлежащие предметы, попавшие в его поле зрения, выглядят нерезко, расплывчато. Провод, на котором висит изолятор, вообще неразличим на фоне темного ночного неба, изолятор же с его неясными очертаниями покажется вашим глазам похожим на комету.

«Охотники за кометами», живущие в городских условиях с сильно освещенным ночным небом, находятся в сложных условиях, малоподходящих для их занятия, и многие из них, погрузив свой телескоп в автомобиль, выезжают для проведения наблюдений подальше от города. Подобным же образом, видимо, поступил и наш астроном-любитель, выбравший новое, незнакомое ему место с темным ночным небом для своих наблюдений. Поскольку из-за вращения земного шара звезды медленно перемещаются в поле зрения телескопа с востока на запад, то «изолятор-комета» на их фоне, естественно, быстро «передвигается» в противоположном, то есть восточном направлении, подобно настоящей комете.

О многих подобных случаях могли бы рассказать на Токийской обсерватории. Еще одно явление, о котором извещают иногда астрономы-любители, это крупные метеоры, называемые болидами. Кроме того, среди

запущенных на околоземные орбиты искусственных спутников Земли есть много таких, которые видны невооруженным глазом, и люди, не знающие о них, также могут сообщить о каких-то движущихся светящихся объектах. Сюда же можно добавить случаи сообщений о «кометах», за которые принимали первые вечерние звезды в наступающих сумерках или ярко блестящую Венеру.

При наблюдении какого-либо странного света желательно сделать фотоснимок. При отсутствии под рукой фотоаппарата необходимо провести по возможности самое тщательное визуальное наблюдение.

СУМЕРЕЧНЫЙ СВЕТ КАК ПОМЕХА

При поиске комет на рассвете, заметив заинтересовавший его небесный объект, астроном-любитель начинает делать его зарисовку, но нарастающий свет зари мешает закончить работу, поле зрения светлеет, и слабый объект постепенно становится невидимым. Любителю приходится завершать набросок, соревнуясь с рассветом, и он испытывает глубокое чувство досады. Сумерки являются одной из помех не только при поисках комет, но и при наблюдении небесных тел вообще. При фотографировании небесных тел, когда изучаемый объект слаб, хочется хоть чуть-чуть задержать рассвет. Для регистрации такого объекта приходится увеличивать экспозицию. Но если сделать снимок со слишком большой выдержкой, то слабый объект все равно «пропадет» на передержанном ярком фоне неба.

Аналогичным серьезным препятствием для вечерних наблюдений является долгий период светлых сумерек после захода Солнца. Сумеречный свет возникает вследствие рассеивания солнечного света в верхних слоях земной атмосферы. На Луне, как известно, не имеющей атмосферы, подобное явление отсутствует.

Существуют особые названия для трех стадий сумеречного света. Первая из них носит название *гражданских сумерек*, окончанием которых считается момент, когда центр солнечного диска находится ниже горизонта на 6° . В эту вечернюю пору на еще светлом небе начинают появляться первые яркие звезды.

Вторая стадия сумеречного света носит название *навигационных сумерек*. Дело в том, что для определения местоположения судна используют секстант, в который нужно одновременно видеть и линию горизонта, и определенные небесные объекты (например, звезды, а наблюдать одновременно и их и линию горизонта можно лишь в определенную пору сумерек. — *Прил. ред.*). Окончанием навигационных сумерек считается тот момент, когда центр солнечного диска находится ниже горизонта на 12° . Небо выглядит уже темноватым, и наиболее рьяные «охотники за кометами» начинают заглядывать в свои телескопы.

Третья стадия сумеречного света носит название *астрономических сумерек*, их окончанием считается момент, когда центр солнечного диска находится на 18° ниже линии горизонта. Часть ночи от момента окончания вечерних астрономических су-

мерек до момента наступления утренних астрономических сумерек является наилучшим временем для наблюдения небесных тел.

Продолжительность времени между восходом или заходом Солнца и окончанием астрономических сумерек сильно зависит от времени года и от географической широты места наблюдения. Для Токио, например, расположенного примерно на 36° с. ш., в период летнего солнцестояния¹² момент захода Солнца отстоит от момента окончания астрономических сумерек на 1 час 50 минут, то есть небо долго не темнеет. Для острова Хоккайдо этот отрезок времени еще более продолжителен — здесь вечерние астрономические сумерки заканчиваются через 2,5 часа после захода Солнца.

Поскольку период летнего солнцестояния отличается наибольшей продолжительностью дня в году, а сверх того в эту пору увеличивается также и сумеречный период, то продолжительность чисто ночного времени очень мала. В Токио продолжительность ночи равна 6 часам, а в Саппоро — всего лишь 4 часам. С другой стороны, в период зимнего солнцестояния в районе Токио время от захода Солнца до конца вечерних астрономических сумерек равно 1 часу 30 минутам. А поскольку и ночи становятся длинней, и укорачивается сумеречный период, то в результате ночное время, удобное для наблюдений за небесными телами, уве-

¹² В течение нескольких суток в период летнего солнцестояния (около 22 июня) Солнце дольше всего находится над горизонтом днем и меньше всего опускается под горизонт ночью.— *Прим. ред.*

увеличивается, превышая 11 часов, что почти вдвое больше, чем летом. В районе же Саппоро ночное время равняется 12 часам, что соответственно втрое больше, чем летом.

В период летнего солнцестояния на высоких северных широтах наступают так называемые белые ночи, когда сумеречный свет не исчезает и к середине ночи. А начиная с 67° с. ш. во время летнего солнцестояния Солнце вообще не заходит. Поэтому для обсерваторий Северной Европы летний период является временем вынужденного отдыха, но, с другой стороны, трудно представить себе лучшие условия для астрономических наблюдений, чем те, которые имеются там во время длинных ясных зимних ночей.

Здесь уместно будет рассказать о работе на обсерватории в Турку двух увлеченных финских астрономов. Один из них, Вейсала, был разносторонним ученым, не только проявившим себя на поприще астрономии, но и прославившимся своими достижениями в области геофизики и оптики. Он оставил после себя богатое научное наследие и в свое время даже занимал пост директора обсерватории в Турку. Родственница Вейсалы Отерма была одной из известных женщин-астрономов, оставивших свой след в этой науке.

Оба ученых работали с помощью спроектированной и построенной самим Вейсалой камеры Шмидта (о которой будет рассказано позже) и с начала 40-х годов упорно занимались наблюдениями малых планет. Во время проводимых ими наблюдений они, так сказать, в качестве «побочного продукта» обнаружили 5 новых комет. Две из них, об-

наруженных Вейсалой, оказались коротко-периодическими кометами с периодами обращения соответственно 11 и 85 лет.

Найденная Отерма в 1942 году коротко-периодическая комета имела период обращения 7,8 года и обладала особой, весьма круглой орбитой. В 1958 году эта комета очень сильно приблизилась к Юпитеру, и теперь ее период обращения составляет 19 лет. Выполненные Отерма расчеты движения, совершавшегося этой кометой до ее открытия, показали, что в результате сближения кометы в 1936 году с Юпитером она резко сократила период своего обращения, который был до этого равен 18 годам, и стала приближаться к Земле. Комета, открытая Отерма 6 ноября 1942 года, имела 13-ю звездную величину. Она двигалась очень медленно и была доступна наблюдениям вплоть до марта 1943 года. Основываясь на первых наблюдениях кометы, американский астроном Уипп вычислил ее орбиту, определив, что период обращения составляет около 40 лет. Затем было обнаружено, что орбита этой кометы очень похожа на орбиту кометы, открытой в январе 1867 года французами Коджна и Стефаном, которую в то время удалось наблюдать в течение трех месяцев. Эта комета должна была проходить точку своего перигелия также и в 1904 году, но тогда она не была обнаружена. В настоящее время комета носит название кометы Стефана — Отерма.

КОМЕТЫ И ЖЕНЩИНЫ-АСТРОНОМЫ

Одной из первых женщин-астрономов, родоначальницей плеяды современных женщин-астрономов, была англичанка Каролина Гершель, родившаяся в Германии. Она была сестрой Вильяма Гершеля, ставшего известным сразу после открытия им Урана в 1781 году.

Вильям был органистом в церкви, но вместе с тем испытывал большой интерес к астрономии. Ему захотелось иметь большой телескоп, и он начал самостоятельно шлифовать зеркало, необходимое для телескопа-рефлектора. В то время, естественно, не было еще налажено производство подобного рода инструментов. Зеркало телескопа приходилось делать из сплава меди и олова, и на его изготовление должно было уйти много времени. Каролина приносила брату в мастерскую еду и, как рассказывают, даже читала ему вслух интересные книги, пытаясь скрасить долгие часы его утомительной работы.

Когда телескоп был, наконец, изготовлен, Вильям Гершель использовал его для проведения последовательных и тщательных наблюдений различных небесных тел, начиная с Марса. Наблюдая за изменением состояния белых пятен на северном и южном полюсах Марса, он высказал предположение, что эти пятна, вероятно, представляют собой зоны снега и льда на поверхности планеты. Для изучения распределения звезд на небе он разделил небо на определенные участки и начал подсчитывать в них звезды. На основании собранных материалов он пришел к выводу, что система Млечного Пути имеет

форму диска. Во всех этих его наблюдениях Каролина оказалась очень способной помощницей.

Благодаря открытию Урана Вильям получил известность, он стал руководителем обсерватории при дворе английского короля Георга III. Здесь в 1789 году он изготовил 1,2-метровый телескоп-рефлектор, который в то время был самым крупным в мире. Используя этот инструмент, Вильям Гершель сделал ряд открытий в различных областях астрономии. Сестра при этом стала исключительно полезным ассистентом, она хронометрировала наблюдения, заносила их результаты в специальные журналы и вместе с поправками, расчетами и т. п. составляла из них готовый материал для сообщений. Не ограничиваясь только этой ролью, Каролина, как только для этого находилось свободное время, использовала для самостоятельных наблюдений небольшой телескоп, изготовленный для нее братом.

Среди объектов ее наблюдений были кометы, до которых у брата просто не доходили руки. 1 августа 1786 года, когда Вильям Гершель находился в отъезде в Германии, Каролине удалось впервые открыть новую комету. Будучи в это время объектом 7-й звездной величины, комета 17 августа стала видна даже невооруженным глазом, а в телескоп стал заметен имевшийся у нее короткий хвост. Комету можно было наблюдать до конца октября 1786 года, и француз Мешен вычислил ее орбиту.

Найденная Каролиной 12 декабря 1788 года вторая комета наблюдалась как объект 7-й или 8-й звездной величины поблизости от

звезды β Лиры. Вильям при наблюдениях не обнаружил у кометы ни ядра, ни хвоста. Комета наблюдалась до 5 февраля следующего года, и тот же Мешен произвел расчет ее орбиты.

Теперь вернемся на некоторый момент в XX век. 28 июля 1939 года французский астроном Риголле открыл в созвездии Тельца новую комету 8-й звездной величины, которая довольно быстро передвигалась по небу. Он рассчитал ее орбиту, а вскоре американец Каннингэм обратил внимание на то, что орбита этой кометы очень похожа на орбиту второй кометы Каролины Гершель. Таким образом, из сравнения орбит двух небесных тел было заподозрено их тождество. В результате расчета возмущений в движении кометы под воздействием планет пришли к выводу о правильности совпадения, указанного Каннингэмом. Было уточнено, что комета совершает свое обращение вокруг Солнца примерно за 150 лет. Теперь эта комета носит название кометы Гершель — Риголле.

До 1797 года Каролина открывала еще 6 комет, одна из которых, обнаруженная в октябре 1795 года, впоследствии, как мы уже об этом упомянули, получила название кометы Энке. Период обращения этой короткопериодической кометы один из самых коротких — он равен всего 3,3 года. Таким образом, Каролина Гершель открывала короткопериодические кометы с самым длинным и с самым коротким периодами обращения.

Каролина Гершель и Отерма — это женщины-астрономы, которые навсегда оставили о себе память в названиях комет. Но известна еще одна женщина-астроном, не оставив-

шая в названии комет своего имени, но внесшая огромный вклад в современную кометную астрономию. Ее зовут Элизабет Ремер. Родилась она в Сан-Франциско и, рано потеряв отца, жила с матерью. Еще в школьные годы она проявила интерес к звездам. Поступив затем в Калифорнийский университет, она там специализировалась по астрономии и училась у такого большого специалиста по расчету орбит небесных тел, как Каннингэм. Практике наблюдения Элизабет Ремер обучалась у Джефферса на Ликской обсерватории того же университета. Затем она с успехом дебютировала в самостоятельной работе, перекрыв две короткопериодические кометы в 1953 году — Боррели и Брукса П. До 1955 года на той же обсерватории ею были перекрыты 6 комет.

В 1957 году Элизабет Ремер перешла на работу в другую обсерваторию, где она с помощью телескопа-рефлектора с зеркалом диаметром 1 метр начала заниматься перекрытием короткопериодических комет, обнаруживающих вариации блеска, с последующим их прослеживанием в течение длительного времени. Затем она приступила к поразительной по размаху работе по перекрытию почти всех предполагавшихся тогда слабых короткопериодических комет вплоть до 20-й звездной величины и к 1966 году перекрыла и изучила 35 комет.

После двухлетнего перерыва она в 1969 году возвратилась к наблюдению короткопериодических комет, работая на 223-сантиметровом рефлекторе обсерватории Аризонского университета и на 154-сантиметровом рефлекторе наблюдательной станции Катарина.

К концу 1976 года ею были переоткрыты 42 кометы. Она поистине является «сверхчеловеком» в мире людей, наблюдающих кометы, и ее предельно точные результаты наблюдений пользуются полным доверием у специалистов, рассчитывающих орбиты комет.

С 1977 года по обстоятельствам, вызванным руководством университета, Элизабет Ремер не смогла получать свою долю времени для работы на большом телескопе. Ее отход от наблюдений комет более чем достоин сожаления.

Табл. 3 дает представление о месте каж-

Т а б л и ц а 3

Количество переоткрытий комет,
сделанных основными исследователями
короткопериодических комет *

Исследователи	Переоткрытия
Ремер	76
Ван Бисбрук	27
Джефферс	21
Томида	14
Каннингем	12
Перейра	7
Вольф	3
Мркос	3
Джиклас	4
Гибсон	3

* В последнее время прославились своими переоткрытиями короткопериодических комет Шао и Шварц (более 10 переоткрытий), а также Мак-Кроски и Секи (по 5).— *Прим. ред.*

дого из основных современных наблюдателей короткопериодических комет по числу осуществленных им переоткрытий. Поразительна по своим результатам деятельность Ремер, ушедшей далеко вперед от всех своих коллег, и хотя ее имя не увековечилось в названии какой-либо кометы, но оно никогда не исчезнет из памяти потомков.

ЭЛЕМЕНТ СЛУЧАЙНОСТИ В ПОИСКАХ КОМЕТ

Случалось, что некоторые «охотники за кометами», пренебрегавшие упорными поисками, обнаруживали новые кометы совершенно случайным образом. Так, австриец Шпиталер, получив сообщение о том, что итальянский астроном Зона 15 ноября 1890 года открыл новую комету 8-й звездной величины, на следующий день, 16 ноября, настроив свой 67-сантиметровый рефлектор для наблюдения этой кометы, тут же неподалеку от нее обнаружил другую новую комету.

Открытая в ноябре 1895 года американцем Перрайном на Ликской обсерватории комета (1895c) по мере приближения к Солнцу становилась все более яркой. Даже невооруженным глазом можно было заметить, что она обладает небольшим хвостом. Приблизившись к концу года к Солнцу, она перестала быть видимой. 30 января следующего года эта комета, как бы отделившись от лучей солнечного света, снова стала доступной для наблюдения, что и было констатировано Перрайном. Поскольку Перрайн

был уверен, что это ранее открытая им комета, он не стал сообщать о своем новом ее наблюдении в другие обсерватории.

Между тем 14 февраля из Центрального бюро астрономических телеграмм была циркулярно разослана кодированная телеграмма о том, что в то утро на обсерватории в немецком городе Киль астрономом Лампом была переоткрыта комета 1895с. Эта телеграмма была получена и на Ликской обсерватории, и Перрайн, получив от переводчика данные о положении этой кометы и увидев, что оно отличается от того, которое он наблюдал, на 6° к западу, Перрайн решил, что Ламп открыл, очевидно, другую новую комету. На следующее утро, направив телескоп в указанное в телеграмме место, он действительно увидел комету 8-й звездной величины. Он уточнил ее координаты и сразу же сообщил их как координаты новой кометы, открытой Лампом.

Однако наблюдавшаяся Лампом 14 февраля комета действительно была подлинной кометой 1895с, переводчик же на Ликской обсерватории прочел сообщение о положении кометы с ошибкой в 6° , а в этом ошибочно указанном месте оказалась совершенно другая и действительно новая комета! В результате комета, о которой Перрайн сообщил как о новой комете Лампа, была зарегистрирована как новая комета 1896а и, естественно, получила название кометы Перрайна.

27 февраля 1975 года Когоутек, просматривая пленку, отснятую 9 февраля, обнаружил на ней кадры с кометой. Комета имела несколько удлинненную цилиндрическую форму вследствие движения во время экспози-

ции, и было похоже, что она двигалась в юго-западном направлении. Примерно вычислив ее новое положение, Когоутек через две недели после первого наблюдения сделал новые снимки в предполагаемом районе и, к счастью, вновь обнаружил комету. Он немедленно сообщил о результатах своих наблюдений, произведенных 9 и 27 февраля в Центральное бюро астрономических телеграмм, и его данные были сообщены во все обсерватории.

Т. Икемура из японского города Нагоя, услышав от своих друзей из местной организации Общества любителей астрономии известие об открытии Когоутеком новой кометы, решил во что бы то ни стало провести наблюдение этой кометы и сделать 1 марта ее снимки на пункте наблюдения в Накаяма. Он начал фотографировать, имея лишь приблизительные расчеты положения кометы, основанные на наблюдениях ее положения 9 и 27 февраля. Произведя ошибочный расчет местоположения кометы, он фактически фотографировал участок неба на 8° восточнее предполагаемого положения кометы.

Проверив негативы, он обнаружил, что там, где, как он предполагал, должна быть комета Когоутека, ее нет. Однако неподалеку от центра кадров, отснятых ошибочно на 8° восточнее, было зафиксировано небесное тело в виде светлого пятнышка. Причем это небесное тело было отчетливо видно на трех кадрах и обнаруживало слабое перемещение в северном направлении. Решив, что желательно получить еще несколько кадров, Икемура произвел повторное фотографирование этого объекта. Просмотрев 5 негативов, он

еще более уверенно обнаружил небесное тело и более точно определил его движение.

В конце концов Икемура пришел к выводу, что это небесное тело иное, чем открытая 27 февраля Когоутеком комета. Другими астрономами не было получено подтверждения при фотографировании того места, в котором предполагалось увидеть комету Когоутека на основании сообщения астрономической телеграммой, и стало ясно, что Икемура наблюдал новую комету, двигавшуюся в северо-восточном направлении. Но стало и очевидно, что наблюдавшаяся им комета — это та же комета, которую обнаружили и сфотографировал Вест 15 октября предыдущего года на горе Ла Силла в Чили, где располагается Европейская южная обсерватория. И все же эта комета получила название кометы Веста — Когоутека — Икемуры 1975b (так как именно ее наблюдал Когоутек, ошибившись в определении направления ее движения).

Между тем Когоутек, ошибочно определив направление движения кометы, обнаруженной им 9 февраля, и полагая, что оно происходит в северо-восточном направлении, благодаря своим поискам 6 марта увидел новую комету. Эта комета получила название кометы Когоутека 1975c.

В заключение можно лишь констатировать, что, действительно, многим ведущим поискам комет на протяжении длительного времени так и не удалось сообщить о своем открытии кометы, в то время как другим, направлявшим свои телескопы в ошибочном направлении, совершенно случайно удавалось обнаружить в поле зрения телескопа

новую комету. Подобная игра судьбы порождает зачастую удивительные до неправдоподобия сюжеты.

ВЕРОЯТНОСТЬ ОТКРЫТИЯ КОМЕТЫ

Каково же соотношение между временем поиска и частотой открытий? Цутому Секи, один из соавторов открытия кометы Икейя — Секи, начал заниматься поиском комет в августе 1950 года. Впервые ему удалось открыть комету в октябре 1961 года, так что для этого потребовалось 11 лет и 2 месяца. Было подсчитано, что фактически за этот период им было затрачено на поиск комет около 993 часов чистого времени. Можно представить себе, какие чувства он испытывал все это время.

Может быть, на этом долгом пути поиска ему не раз приходила в голову мысль прекратить свое занятие. Во всяком случае он написал своему предшественнику Хонде письмо, в котором чувствовалась горечь от того, что, несмотря ни на какие усилия с его стороны, ему не удастся добиться открытия. Он также спрашивал старшего товарища о том, что, возможно, его методика поиска не совершенна или неправильна и просил совета, как ему следует поступить. Ответ, полученный от Хонды, гласил: «Если вы считаете, что у нас есть истинное желание открыть комету, то, пожалуйста, сейчас не прекращайте сразу же своих усилий. Продолжайте вашу работу и приучите себя к мысли, что надо работать, даже если открытия пока не приходят».

Вероятно, на самом деле исключительно важно вести постоянный поиск, сделав его вполне привычным, сохраняя спокойствие духа и не домогаясь успехов и почестей. В каком-то смысле это можно сравнить с терпением рыбака, удящего рыбу, если взять самое простое сравнение. Иначе говоря, необходимо постоянно концентрировать всю свою нервную энергию на наблюдениях неба в ваш телескоп. Очевидно, прав был Хонда, когда как-то заметил, что бесполезными занятиями являются наблюдения в телескоп, когда вы одновременно еще и слушаете ночные передачи из своего транзистора.

Англичанин Оллок до настоящего времени открыл 4 кометы, однако со времени начала его поисков и до открытия первой кометы прошло около 6 лет, и им было истрачено на это 683 часа ночного времени.

Австралиец Бредфилд начал заниматься поиском комет с 1 января 1971 года, а первую свою комету ему удалось открыть уже в марте следующего года. Таким образом, у него ушло на это ровно 260 часов наблюдений. Сравнительно короткий период между началом наблюдений и первым открытием был у Икейя: у него ушло на это около года, точнее, 135 наблюдательных часов. Но тут же следует отметить, что американцу Уитекеру удалось «поймать» новую комету на третьи сутки после начала поисков (везенье, другого слова здесь не придумаешь!). В то время ему было всего 16 лет, и он намного превзошел «рекорд» самого молодого открывателя комет, принадлежавший до тех пор Икейя.

Ранним утром 6 октября 1975 года, поки-

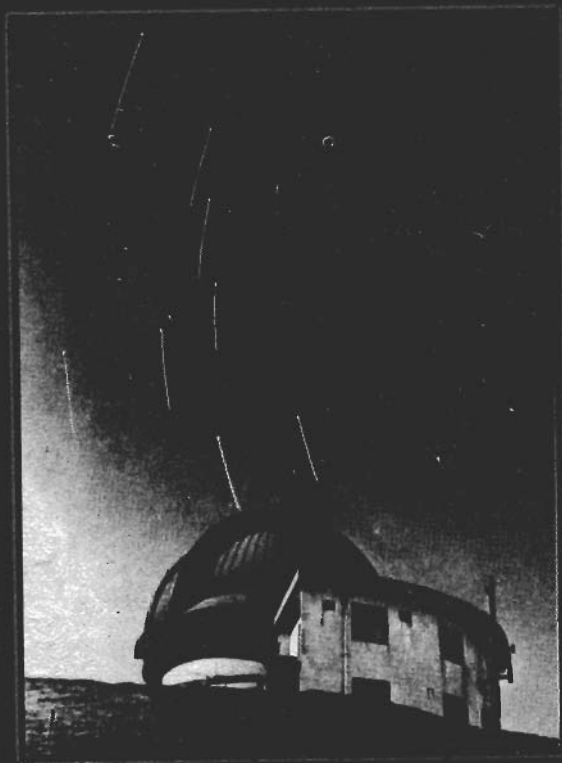
нув территорию Японских островов, ушел к югу тайфун, и наступила долгожданная ясная погода. «Охотники за кометами» в разных частях Японии приступили к своим наблюдениям. Такааки Мори в 2 часа 50 минут по всеяпонскому времени обнаружил слабую комету 11-й звездной величины в созвездии Гидры. Сделав зарисовку кометы, он продолжил наблюдение и ровно в 4 часа ночи открыл другую, еще более яркую (8-й звездной величины) комету в созвездии Большой Медведицы.

Открыть две новые кометы в пределах всего лишь 1 часа — такого еще не бывало! Первая комета Мори была независимо от него открыта японцами Сато и Фудзикава и получила название кометы Мори — Сато — Фудзикавы (1975j). Вторая, более яркая комета Мори почти одновременно была обнаружена также японцами Судзуки, Сайгкса, Окадзаки и Фуруяма. В порядке поступления сообщений об ее открытии она получила название кометы Судзуки — Сайгкса — Мори 1975k.

Если говорить о наблюдениях и переоткрытиях короткопериодических комет, то автору этих строк принадлежит своего рода «рекорд» — переоткрытие и наблюдение в течение одного вечера 4 комет с помощью 188-сантиметрового рефлектора на астрофизической обсерватории в Окаяма 5 октября 1967 года. Это было время, когда не у дел на некоторое время оказалась Ремер, о которой мы рассказывали раньше.

ГЛАВА 4

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ
ГЛАЗ
И ТЕЛЕСКОП
КАК
ИНСТРУМЕНТЫ
НАБЛЮДЕНИЙ



ШКАЛА ЯРКОСТИ ЗВЕЗД

Возникает вопрос: насколько слабые кометы могут обнаружить «охотники за кометами»?

Выяснилось, что невооруженный глаз человека, адаптировавшийся к темноте, способен различать в темноте свет силой в 1 свечу (свеча — устаревшее название единицы измерения силы света, вместо которого сейчас принят термин «кандела») на расстоянии 2 километров. Наиболее слабые звезды, которые еще способен различить невооруженный глаз человека в темную безлунную ночь, в астрономии принято считать звездами 6-й звездной величины. 20 наиболее ярких звезд на небе принимаются за звезды 1-й звездной величины. Остальные видимые невооруженным глазом звезды, заключенные по блеску между самыми яркими и самыми слабыми, разделяются, таким образом, на 5 ступеней яркости, то есть на 5 звездных величин. Эта градация яркости звезд была введена еще греческим астрономом Гиппархом 150 лет до начала новой эры.

В 1830 году Джон Гершель, сын Вильяма Гершеля, исследуя вопрос о классификации звезд по блеску, установил, что средняя яркость звезды 1-й звездной величины примерно в 100 раз больше средней яркости звезды 6-й звездной величины. Как им было установлено, соотношение между звездной величиной и яркостью таково, что, когда первая изменяется в арифметической прогрессии, вторая — в геометрической. Как и всегда, когда дело касается восприятий человеческими органами чувств, и здесь интенсивность вос-

приятия возрастает лишь на некоторую определенную величину, когда сила раздражителя увеличивается в определенное число раз.

Если различие в 5 звездных величин соответствует изменению яркости или силы света в 100 раз, то различие в одну звездную величину соответствует изменению яркости в 2,513 раза. Это соотношение можно распространить дальше в сторону увеличения яркости, и тогда звезда, которая примерно в 2,5 раза ярче звезды 1-й звездной величины, будет иметь нулевую звездную величину, а звезда, еще в 2,5 раза более яркая, будет называться звездой минус 1-й звездной величины. Венера имеет минус 4-ю звездную величину, полная Луна — минус 13-ю, а Солнце — минус 27-ю.

Звезда, примерно в 2,5 раза более слабая, чем звезда 6-й звездной величины, будет иметь 7-ю звездную величину, а звезда, еще в 2,5 раза более слабая, — 8-ю звездную величину. Таким образом, различие в 5 звездных величин всегда означает изменение яркости в 100 раз: звезда 11-й звездной величины будет отличаться по яркости от звезды 6-й звездной величины в 100 раз, а яркость звезды 16-й звездной величины в 10 000 раз слабее звезды 6-й звездной величины.

В начале XIX века немецкий ученый Аргеландер ввел новую классификацию яркости, разделив каждую звездную величину на десятые доли, и создал метод визуального сравнения звезд по яркости. Величина минимально воспринимаемого различия в яркости зависит от наблюдателя. Обычный человек со средним зрением не замечает различия яркости в 0,1 звездной величины, и толь-

ко опытные астрономы могут достаточно четко определить разницу в яркости, равную 0,2 звездной величины.

Для определения звездной величины существенным является установление нуль-пункта отсчета. С этой целью было выполнено определение звездных величин около 1100 стандартных звезд вплоть до 20-й звездной величины в северной части неба, в районе Полярной звезды. Звездная величина самой Полярной оказалась равной 2,08.

При определении звездных величин мы сталкиваемся с проблемой различий в цветовом восприятии: невооруженный глаз человека обладает наибольшей восприимчивостью к желто-зеленой части спектра. Определяемая невооруженным глазом звездная величина носит название визуальной. Фотографическая же пленка наиболее чувствительна к голубому цвету, и поэтому при фотографировании голубые звезды оказываются более заметными на пленке, чем для невооруженного глаза, а красные звезды, наоборот, получаются более слабыми. Звездная величина, определяемая с помощью фотографирования, носит название фотографической звездной величины.

Для одной и той же звезды можно определить как визуальную, так и фотографическую звездные величины; их разность называется показателем цвета звезды. В наше время благодаря применению фотоэлементов стало возможным точное фотометрическое определение яркости и была создана особая система определения звездных величин и показателей цвета, основанная на применении различных светофильтров.

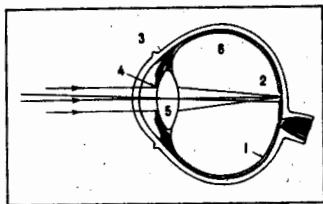
ТЕЛЕСКОП И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ГЛАЗ

Галилео Галилей был первым, кто стал вести наблюдения небесных тел с помощью телескопа, который он сам и изготовил. Произошло это в 1610 году. Наблюдение небесных тел, осуществляемое непосредственно человеческим глазом с помощью телескопа, называется визуальным наблюдением. Галилей благодаря такому визуальному наблюдению небесных тел сделал много важных открытий. Перечислим лишь самые значительные из них: открытие пятен на Солнце и кратеров на Луне, выявление фаз у Венеры, обнаружение четырех крупных спутников Юпитера, выявление «окружения» Сатурна (кольца Сатурна не были различимы в его телескоп), представление о Млечном Пути как об области повышенной концентрации звезд и т. д.

Поскольку даже при использовании телескопа то, что мы наблюдаем, мы видим с помощью глаза, необходимо, очевидно, сказать несколько слов и о зрительных способностях человека.

Глаз представляет собой оптическую систему, некоторым образом напоминающую фотокамеру (рис. 11). Глазное яблоко размером около 25 миллиметров соответствует

Рис. 11. Схематическое изображение человеческого глаза: 1 — сетчатка; 2 — желтое пятно; 3 — роговица; 4 — зрачок; 5 — хрусталик; 6 — глазное яблоко



корпусу фотокамеры, роль объектива играют роговица и хрусталик, а роль диафрагмы — радужная оболочка глаза и зрачок. Во внутренней части глазного яблока имеется сетчатка, которая соответствует светочувствительной пленке в фотоаппарате. Однако надо сразу сказать, что эти сравнения очень условны, и сетчатка, состоящая из светочувствительных клеток, обладает весьма сложным строением. Расположенное в центральной части сетчатки желтое пятно является наиболее чувствительной ее частью.

РЕГИСТРАЦИЯ СЛАБОГО СВЕТА

Светочувствительные клетки сетчатки делятся на два вида, носящие названия палочек и колбочек. Колбочки являются цветочувствительными, в то время как палочки важны для различения слабого света. В центральной части желтого пятна сетчатки сконцентрированы одни только колбочки, а вокруг него колбочки и палочки перемешаны. По мере удаления от желтого пятна количество колбочек уменьшается и, напротив, возрастает число палочек. Если мы фиксируем взгляд на каком-либо предмете, то глаз сразу фокусирует его изображение на желтом пятне, и предмет становится отчетливо видимым.

На остальной части сетчатки изображение регистрируется менее отчетливо, однако реагирующие на слабый свет палочки как раз в большом количестве распределены на периферии сетчатки. Именно эти светочувствительные клетки, обладающие свойством

реагировать на слабый свет, и нужны при наблюдении, скажем, слабой звезды. В частности, это качество зрения может быть использовано при наблюдении таких неточечных небесных тел, как кометы или туманности, которые глаз после быстрой адаптации легко различает, хотя определение им цвета при этом затруднено.

Зрачок глаза автоматически меняет свой диаметр в зависимости от яркости наблюдаемого окружения. В ясную солнечную погоду на улице его диаметр около 2 миллиметров, а в сумерки он может расшириться до 6—7 миллиметров. Считается, что в условиях полной темноты зрачок глаза при напряжении зрения может расширяться и до 8 миллиметров. При слежении за слабым светом кометы необходимо остерегаться сужения зрачка, которое происходит при взгляде на яркий свет. Сетчатка, освещенная сильным светом, мгновенно теряет способность различать слабый свет, и, чтобы вновь вернуть зрение в прежнее состояние, требуется от 10 до 30 минут. Поэтому для зарисовки положения небесного объекта или для сверки с картой звездного неба необходимо применять крайне слабую подсветку.

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА

Еще одной важной способностью нашего зрения является возможность различать две близко друг к другу расположенные точки, которая называется разрешающей способностью, или остротой зрения. В качестве стандарта остроты зрения принята способность

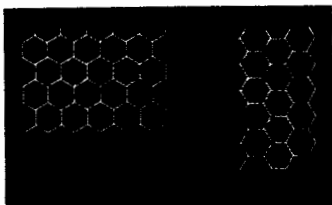
различить две точки, разделенные углом в $1'$. Под таким углом видны, например, 2 точки, отстоящие друг от друга на 1 метр и рассматриваемые с расстояния 3438 метров.

Среди молодых людей с острым зрением есть и такие, которые обладают разрешающей способностью глаза в $30''$, то есть удвоенной остротой зрения. Лица, способные различить две точки только при угловом расстоянии в $2'$, обладают остротой зрения 0,5. Из опыта известно, что глаз наиболее остро видит, когда диаметр зрачка равен 3 миллиметрам, в это время ему свойственна наивысшая разрешающая способность.

Одним из элементов, определяющих разрешающую способность глаза, является размер светочувствительных клеток сетчатки. Клетки колбочек, расположенные в районе желтого пятна, имеют форму правильного шестиугольника поперечником 4 микрометра (1 микрометр в миллион раз меньше 1 метра) и плотно примыкают друг к другу. Для того чтобы видеть отдельно две светящиеся точки, их изображения должны регистрироваться на разных клетках (рис. 12, а). Поскольку фокусное расстояние хрусталика глаза равно примерно 15,5 миллиметра, угол, стягиваемый одной клеткой, равен $4/15500$ радиана, что соответствует $53''$.

Существует способ проверки остроты зрения по определению расстояния между двумя прямыми линиями. С этим случаем мы встречаемся, например, при снятии показаний на какой-либо шкале (рис. 12, б). Здесь уже можно различить угловое расстояние порядка $16''$. Однако если линии слишком коротки, достичь разрешения лучше $36''$ не

Рис. 12. Способность клеток сетчатки (колбочек) различать отдельные изображения точек (а) и штрихов (б)



удается. Известно, что с удлинением штрихов увеличивается и точность снятия показаний. Однако увеличивать угловой размер длины штриха свыше $12'$ бесполезно — точность при этом не будет возрастать.

Если между двумя параллельными линиями точно посередине провести еще одну прямую, как показано на рис. 12, б, то это сильно увеличит способность определения сдвига и ошибка снизится до $3''$. Этот факт находит применение при градуировке точных измерительных приборов, что хорошо известно тем, кто связан с астрономическими наблюдениями.

Если астроном-любитель обладает недостаточной разрешающей способностью глаза, то ему не удастся, например, различить две близко расположенные звезды, а группа из нескольких звезд видится одним смутным пятном, которое легко принять за комету. Когда звезда слаба, колбочки не могут проявить свои качества в полной мере, и разрешающая способность глаза падает.

СПОСОБНОСТЬ ЦВЕТОРАЗЛИЧЕНИЯ

Одной из важных способностей глаза является его способность различать цвета. При восприятии глазом не черно-белого, а какого-либо цветного изображения необходимо выделить такие три характеристики, как сам цвет, его чистота и яркость. Цвет определяется длиной световой волны, степень чистоты — степенью перемешивания с белым светом, а яркость изменяется в зависимости от количества лучистой энергии.

Цветоразличение является характеристикой субъективного характера, здесь много индивидуальных различий. Обычная средняя длина волны желтого цвета равна 585 нанометров (1 нанометр в миллиард раз меньше 1 метра и равен 10^{-9} м), голубого — примерно 490 нанометров. Светочувствительность глаза максимальна при восприятии желто-зеленого цвета с длиной волны 555 нанометров, однако с уменьшением количества воспринимаемой лучистой энергии наивысшая чувствительность смещается в сторону голубого цвета с более короткой длиной волны: максимум чувствительности стремится к длине волны 507 нанометров. Так, например, слабая красная звездочка будет нам казаться более слабой, чем она есть в действительности. Этот эффект, известный под названием эффекта Пуркине, необходимо учитывать при визуальном определении яркости звезд.

Восприятие цвета значительно различается в разных участках сетчатки. В районе центральной части желтого пятна цветовосприятие отличается наибольшей остротой, по-

скольку, как уже отмечалось, за различение цветов ответственны колбочки. По мере удаления от центральной части желтого пятна к периферии чувствительность к цветам падает и различимым становится один только серый, пепельный цвет. Это происходит потому, что палочки не способны к цветоразличению.

БЛИЗОРУКОСТЬ, ДАЛЬНОЗОРКОСТЬ И ДРУГИЕ ДЕФЕКТЫ ЗРЕНИЯ

Наибольшую озабоченность, связанную со зрительными способностями у людей, чаще всего вызывают близорукость и дальнозоркость. Когда мы имеем дело с фотокамерой, то фокусирование достигается передвижением в ту или иную сторону объектива, благодаря чему изменяется расстояние между объективом и фотопленкой. В человеческом глазе необходимый эффект получается благодаря сокращению мышц, связанных с «объективом» глаза — хрусталиком. Вследствие этого изменяются кривизна и фокусное расстояние этой «линзы», и изображения предметов, находящихся на различных расстояниях, фокусируются на сетчатке в четком виде.

Наиболее близко расположенные предметы, четко различимые благодаря такой регулировке фокусного расстояния, находятся на расстоянии, называемом ближайшей точкой ясного видения, а самые дальние — на расстоянии, называемом наиболее удаленной точкой ясного видения. Наиболее удаленная точка ясного видения для человека с нор-

мальным зрением располагается в бесконечности, и это представляется необходимым условием успешного наблюдения небесных тел.

Параллельные лучи света, приходящие с далекого расстояния, попадая в глаз человека с нормальным зрением, должны сфокусироваться на его сетчатке. Однако у лиц, имеющих от природы вытянутый вдоль оптической оси глаза хрусталик, параллельные лучи пересекаются, не достигнув сетчатки, отчего изображение на сетчатке получается нечетким. Этого не происходит с лучами света, приходящими в глаз с более короткого расстояния: они пересекаются несколько дальше и хорошо фокусируются на сетчатке. Такое явление называется близорукостью. Для того чтобы близорукий человек мог видеть удаленные предметы, необходимо, чтобы перед его глазами была расположена вогнутая линза, несколько разводящая параллельные лучи.

Есть, с другой стороны, люди, обладающие недостаточной глубиной глазного яблока. В этом случае параллельные лучи света, пройдя «объектив» глаза, попадают на сетчатку до того, как успеют сфокусироваться, и поэтому изображение опять же получается расплывчатым, нерезким. Чтобы четко увидеть далеко расположенные объекты, людям, обладающим такой дальновзоркостью, необходимо иметь перед глазом выпуклую линзу дополнительно сводящую параллельные лучи.

С возрастом у людей и с нормальным зрением возникают некоторые проблемы, которые связаны с ухудшением адаптационных качеств глаза. Если в десятилетнем возрасте

ближайшая точка ясного видения находится в 10 сантиметрах от глаза, то, скажем, в 50 лет она может уже располагаться примерно на расстоянии в 40 сантиметров. Чтобы различать предметы на более близком расстоянии, необходимо напряжение глазных мускулов.

Если долго смотреть на близкие предметы, глаз утомляется. То расстояние, с которого еще можно рассматривать предметы близко, но чтобы при этом глаза не уставали, носит название расстояния наилучшего видения. В молодом возрасте оно равно примерно 25 сантиметрам, но с возрастом постепенно начинает увеличиваться. Например, при чтении вы все дальше и дальше начинаете отставлять книгу от глаз, чтобы те не уставали. Однако когда вы отставляете книгу по-дальше, то при этом вам становятся не видны строки, написанные мелким шрифтом, и т. п.

Короче говоря, очки становятся вам совершенно необходимы. В данном случае они должны быть такими же, как и при дальнозоркости, то есть с выпуклыми линзами. Хотя ношение очков — дело обременительное, другого выхода нет¹³. Однако, как будет объяснено позже, при наблюдениях с телескопом возможно добиться сфокусированного изображения, не используя очков.

Неприятный дефект зрения представляет собой и астигматизм — явление, связанное с

¹³ В последнее время очки все чаще заменяют специальными эластичными контактными линзами, которые накладываются непосредственно на поверхность глазного яблока и доставляют гораздо меньше неудобств. — *Прим. ред.*

тем, что «линзы» роговицы и хрусталика теряют свойство осевой симметрии. Так, например, кривизна по вертикали и кривизна по горизонтали могут оказаться разными, и поэтому фокусное расстояние будет меняться в зависимости от направления. В этом случае невозможно одновременно добиться фокуса по вертикали и по горизонтали, и изображение получается нерезким. Для исправления такого дефекта зрения применяются очки с линзами, имеющими разную оптическую силу в зависимости от направления.

ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЛИНЗАХ

Слово «линза» в переводе с латинского означает «чечевица», то есть плод бобового растения, который имеет форму утолщенного в середине диска диаметром около 5 миллиметров. В оптике это слово стало применяться из-за сходства формы линзы с плодом чечевицы.

Было выяснено, что еще в Карфагене в VIII веке до новой эры использовался прозрачный камень, формой напоминающий выпуклую линзу, который, как полагают, применялся в качестве украшения. Имеются данные о том, что уже в Древнем Риме было известно, что, если сквозь прозрачный стеклянный сосуд, наполненный водой, смотреть на какой-либо предмет, он выглядит увеличенным. Наиболее раннее письменное свидетельство того факта, что сквозь шарообразное стеклянное тело предметы выглядят увеличенными, относится к X веку. Это остав-

ленные Альгазеном (Ибн Аль-Хайсамом) из Александрии записки по оптике, которые в XIII веке в виде книги были переведены на латинский язык и имели широкое хождение среди монахов в Западной Европе.

Именно монахи стали первыми, кто начал широко применять увеличительное стекло и очки. В те времена линзы изготавливались из прозрачных природных материалов вроде хрусталя и были исключительно дорогим товаром. Простым людям такие вещи не приходилось даже и держать в руках. Позволить себе пользоваться ими могли лишь богачи и знать, обладавшие монопольным правом на власть и знание.

Хотя стекло было изобретено 5—6 тысяч лет назад и находило применение для изготовления предметов украшения, сосудов и различной утвари, однако технология его изготовления не позволяла достичь такого же качества (отсутствие пузырей и высокая прозрачность), каким обладал хотя бы тот же природный хрусталь. Производство стекла достигло большого совершенства в XIV веке в Венеции, и только тогда дело дошло до использования его и в оптике для изготовления линз. После этого очки постепенно стали доступными и для простых людей. Начало ношения очков в Японии, например, относится к 30-м годам XVI века.

Стекло того времени, подобно нынешнему листовому и бутылочному стеклу, изготавливалось с использованием таких природных материалов, как сода, песок, кварц, каменный уголь. Это было довольно дешевое стекло. При добавлении небольшой примеси железа оно приобретало голубовато-зеленоватый от-

тенок. Такое стекло не пропускает ультрафиолетовые лучи и поэтому применялось для светозащитных очков, впрочем, для этих целей оно используется и в настоящее время.

ИЗОБРЕТЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА

Фактически изобретателем первого телескопа был голландец Липперсгей, который занимался изготовлением очков. Рассказывают следующий эпизод, якобы произошедший в то время. Однажды к Липперсгею пришел незнакомый ему посетитель и заказал большое число выпуклых и вогнутых линз. Когда этот посетитель пришел в назначенный день для получения заказа, он тут же в мастерской стал подбирать из приготовленной партии линз по одной выпуклой и вогнутой линзе. Держа их в руках, он смотрел сквозь них, меняя при этом расстояние между ними. Наконец, удовлетворенно кивнув головой и расплатившись, он покинул мастерскую.

Липперсгей, удивленный поведением посетителя и его манипуляциями с линзами, после его ухода сам попытался посмотреть сквозь линзы тем же способом. И, как рассказывают, обнаружил при этом, что далекие предметы стали ему видны, как близкие. Разместив две линзы в трубе так, чтобы их можно было передвигать внутри, Липперсгей подарил это устройство тамошнему правителю Морицу Оранскому, а также подал заявку на выдачу ему патента на изобретение.

Всем сразу стало ясно, насколько выгодным может оказаться применение этого изобретения в военных целях. Однако поскольку

ку Липперсгей указал, что есть другой человек, создавший подобный прибор, ему было отказано в праве на патент.

Каждая из двух линз, помещенных в трубу телескопа, получила свое название. Ту линзу, которая находилась впереди по направлению на объект наблюдения, стали называть объективом, а линзу, расположенную ближе к глазу наблюдателя, — окуляром. Линза объектива обязательно должна быть выпуклой, в то время как линза окуляра может быть как выпуклой, так и вогнутой.

ТЕЛЕСКОП СИСТЕМЫ ГАЛИЛЕЯ

Галилео Галилею повезло в том, что в его время стекло наивысшего качества изготовлялось в Венеции. В июле 1609 года он узнал о новом голландском изобретении и построил телескоп собственной конструкции, в котором окуляром служила вогнутая линза. Телескоп подобного типа до сих пор называют телескопом системы Галилея. Диаметр линзы объектива в его телескопе равнялся 42 миллиметрам, длина трубы — 2,4 метра, кратность (угловое увеличение) — 9. После того как он продемонстрировал действие своего телескопа высокопоставленным сановникам Венеции, ему была пожалована профессорская должность в университете в Падуе.

Галилей впоследствии создал наиболее крупный для своего времени телескоп, который имел следующие характеристики: диаметр объектива 56 миллиметров, фокусное расстояние 1,7 метра, кратность 30. Используя этот телескоп для астрономических наб-

людений, он и сделал ряд важных открытий. Галилей был буквально завален заказами со стороны астрономов и правителей своего времени. В наши дни телескопы, созданные Галилеем, размещены в музее во Флоренции.

Количество света, проходящего через телескоп, ограничивается размерами отверстий на входе и выходе телескопа — так сказать, «оконными рамами», которые обычно имеют круглую форму и называются соответственно входным и выходным зрачками телескопа. Расположение входного и выходного зрачков зависит от конструкции оптической системы. В телескопе Галилея роль выходного зрачка играл, по сути дела, зрачок глаза наблюдателя, благодаря чему отсутствовали какие-либо потери света, кроме тех, которые вызваны отражением света от поверхностей линз и рассеянием в их стекле.

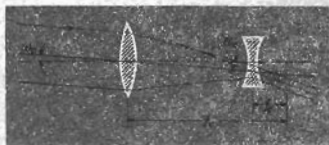
Параллельные лучи света, приходящие от бесконечно удаленных предметов, с помощью линзы объектива собираются вместе, но вогнутая линза окуляра вновь делает их параллельными. Следовательно, изображение бесконечно далеко расположенного объекта получается таким же — бесконечно удаленным. С помощью подобной оптической системы человек, даже не обладающий нормальным зрением, легко может отчетливо различать наблюдаемые объекты: изменяя положение окуляра, он тем самым изменяет прохождение пучка света наиболее удобным для своего зрения образом. Этот механизм настройки видимости типичен для оптической системы телескопа и используется при наблюдении сравнительно близко расположенных объектов.

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕЛЕСКОПА СИСТЕМЫ ГАЛИЛЕЯ

Отношение углов, под которыми предмет виден в телескоп и без него, называется угловым увеличением или кратностью телескопа. Как видно из рис. 13, кратность равна отношению фокусных расстояний объектива и окуляра. Далеко расположенный объект пропорционально увеличивается, и поэтому он нам кажется приближенным. Благодаря увеличению возрастает и разрешающая способность, то есть способность различать две близкие друг к другу точки. Разрешающая способность невооруженного глаза, как уже говорилось, равна угловому расстоянию в $1'$, с помощью же первого телескопа Галилея стало возможным различать угловое расстояние около $6''$. Иначе говоря, стало возможным различать предметы размерами 3 сантиметра на расстоянии 1 километра.

Для повышения кратности увеличения необходимо увеличить фокусное расстояние линзы объектива и уменьшить фокусное расстояние линзы окуляра. Однако при возрастании расстояния между двумя линзами, если при этом не увеличивается диаметр объектива, некоторые пучки света, идущие

Рис. 13. Схема прохождения световых лучей в телескопе системы Галилея: f_o и f_e — фокусные расстояния объектива и окуляра; ω_o и ω_e — углы зрения без телескопа и в телескоп



под углом, уже не будут попадать в окуляр. Иными словами, с ростом кратности увеличения суживается поле зрения, если соответственно не увеличивать диаметр объектива.

Это главный недостаток телескопа системы Галилея. Хотя первоначально телескоп данной системы сослужил большую службу и раскрыл большие возможности наблюдений небесных тел, свойственный ему недостаток не позволил совершенствовать телескоп системы Галилея для дальнейших астрономических наблюдений. По существу, эта оптическая система сохранилась в настоящее время лишь в виде такой безделушки, как маленький театральный бинокль.

Диаметр линзы объектива первого телескопа Галилея был равен, как уже упоминалось, 42 миллиметрам, что примерно в 6 раз больше максимального диаметра раскрытого зрачка человеческого глаза. Способность собирать свет пропорциональна квадрату диаметра объектива, так что при использовании этого телескопа должны были наблюдаться объекты, по яркости в 36 раз слабее видимых невооруженным глазом, то есть телескопу Галилея становились доступными звезды 9-й звездной величины.

ПРОБЛЕМА УВЕЛИЧЕНИЯ ДИАМЕТРА ОБЪЕКТИВА

Может показаться, что кратность увеличения может быть повышена до сколь угодно большой величины, если соответствующим образом увеличивать фокусное расстояние объектива. Однако при этом достигается оп-

ределенный предел, вызванный тем, что свет имеет волновую природу и на входном зрачке телескопа возникает явление, носящее название дифракции.

Возможно, явление дифракции будет легче понять, если припомнить, как выглядят волны при прохождении воды в шлюзе. Когда ширина шлюза достаточно велика по сравнению с длиной набегающей волны, волна, прошедшая шлюз, распространяется дальше почти точно в пределах ширины шлюза. Если же шлюз узок по сравнению с длиной волны, волна по выходе из шлюза будет двигаться радиально во все стороны. Это явление называется дифракцией волны.

То же происходит, когда свет проходит через маленькое отверстие, каким является входной зрачок телескопа. При наблюдении звезды в телескоп ее свет претерпевает дифракцию у кромки линзы объектива, даже если линза совершенно свободна от аберраций¹⁴. Свет все равно собирается не в одной точке (фокусе), и изображение получается в виде нерезкого круглого пятна, вокруг которого заметен более слабый ореол из колец. Внутренняя часть такого пятна имеет голубой цвет, а самая внешняя часть — красный. Дело в том, что степень дифракции зависит от длины волны: чем больше длина волны света, тем сильнее его дифракция.

Из-за дифракции две близкие друг к другу звезды в телескопе с малым диаметром объектива получаются в виде двух размытых

¹⁴ Аберрацией оптической системы (линзы) называют искажение изображения, вызванное оптическим несовершенством системы. — *Прим. ред.*

дисков, происходит наложение изображений звезд, которые теперь невозможно различить. Это определяет предел разрешающей способности телескопа. Если диаметр телескопа D измерять в миллиметрах, а за длину световой волны, наилучшим образом воспринимаемую глазом, принять 550 нанометров, то разрешающая способность телескопа (в угловых секундах) будет равна $138/D$. Следовательно, для телескопа с диаметром объектива 138 миллиметров разрешающая способность равна $1''$. Таким образом, увеличение разрешающей способности телескопа (путем повышения кратности увеличения.— *Прим. ред.*) невозможно без соответствующего увеличения диаметра линзы объектива.

Итак, при увеличении диаметра объектива пропорционально возрастает разрешающая способность телескопа. Кроме того, пропорционально квадрату диаметра объектива увеличивается его способность собирать свет, что и дает возможность увидеть более слабые звезды. Все это предопределяет стремление к максимальному увеличению диаметра объектива, применяемого в телескопе для астрономических наблюдений.

ТЕЛЕСКОП СИСТЕМЫ КЕПЛЕРА

При использовании выпуклой линзы в качестве окуляра телескопа получается перевернутое изображение, однако при этом можно достичь более широкого поля зрения. А если между объективом и окуляром поставить дополнительную выпуклую линзу,

можно вновь получить прямое изображение. Впервые описание подобной оптической схемы было дано в книге Кеплера «Диоптрика», изданной в 1611 году. В связи с этим телескоп подобного устройства получил название телескопа системы Кеплера, хотя сам Кеплер и не построил действующего телескопа своей конструкции.

Изготовил астрономический телескоп такого типа Шейнер в 1613 году. Он спроецировал солнечное изображение на белую бумагу и определил величину темных пятен на диске Солнца и их передвижение. Это были первые астрономические измерения, осуществленные с помощью телескопа. Появление телескопа системы Кеплера было важным и приятным событием для астрономов, так как в отличие от системы Галилея здесь обеспечивалось широкое поле зрения при большом коэффициенте увеличения.

Если в фокусе выпуклого очкового стекла, используемого при дальнотзорности, поместить матовое стекло, то на поверхности стекла расположенный вдали пейзаж предстанет в виде маленькой цветной картинки с перевернутым изображением. Воспользовавшись второй выпуклой линзой, можно получить прямое изображение. Это изображение может быть увеличено путем увеличения фокусного расстояния линзы-объектива. Если рассматривать полученное на матовом стекле изображение через лупу, то оно будет выглядеть значительно увеличенным, причем степень увеличения будет возрастать с уменьшением фокусного расстояния лупы.

Попробуем теперь убрать матовое стекло, сохранив при этом взаимное расположение

линз. Очевидно, наблюдаемый пейзаж предстанет нашим глазам более отчетливо, так как свету не придется проходить сквозь матовое стекло с его шероховатой поверхностью. Матовое стекло использовалось только для определения положения действительного изображения в пространстве. Изготовив трубу для сохранения необходимого расстояния между линзами, мы получим обычный телескоп системы Кеплера.

На рис. 14 приведена схема прохождения лучей в телескопе системы Кеплера. Линза объектива O , использованная в нашем опыте, представляет собой линзу от очков дальнорядного человека. Ее внешний край определяет размер входного зрачка. Лупа E является окуляром. Действительное изображение объектива, даваемое окуляром, играет роль выходного зрачка системы. При совмещении зрачка глаза наблюдателя с этим изображением получается наиболее широкое поле зрения. Если размер изображения объектива будет больше диаметра зрачка глаза, то последний, очевидно, не получит всего света, собранного объективом. Поэтому яркость объекта, наблюдаемого в телескоп системы Кеплера, зависит от диаметра выходного зрачка.



Рис. 14. Схема прохождения световых лучей в телескопе системы Кеплера: f_o и f_e — фокусные расстояния объектива и окуляра; ω_o и ω_e — углы зрения без телескопа и в телескоп; O — объектив; E — окуляр; R — выходной зрачок.

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕЛЕСКОПА СИСТЕМЫ КЕПЛЕРА

В телескопе системы Кеплера коэффициент увеличения также определяется отношением фокусных расстояний объектива и окуляра. Для телескопов с одинаковыми диаметрами объектива меньшая кратность увеличения соответствует большей яркости изображения (поскольку то же количество света, собранного объективом, приходится на меньшую площадь изображения. — *Прим. ред.*).

При использовании телескопа в дневное время для наблюдений наземных объектов выходной зрачок делают равным всего лишь 3 миллиметрам. Если диаметр объектива составляет, например, 24 миллиметра, то кратность увеличения равна 8. Поскольку в дневное время зрачок глаза обычно не раскрывается более чем на 3 миллиметра, то делать большим выходной зрачок было бы бессмысленно. С наступлением сумерек после захода Солнца зрачок глаза раскрывается до 6—7 миллиметров, и выходной зрачок телескопа, используемого для наблюдений в такое время, лучше всего сделать равным 7 миллиметрам. В этом случае для достижения 7-кратного увеличения потребуется уже объектив диаметром 50 миллиметров.

Видимые в небе звезды находятся на исключительно далеких расстояниях от Земли и всегда являются идеальными точечными источниками света. Однако на оправе объектива — входного зрачка телескопа — возникает явление дифракции, из-за которого изображение точечного источника оказывается размытым до небольшого кружка. При

достаточно большом диаметре входного зрачка дифракционный кружок мал и практически возбуждает лишь одну клетку зрительных нервных окончаний на сетчатке. Поэтому оптимальные условия для наблюдений звезд достигаются с объективом, достаточно большого диаметра.

Ночное небо не является абсолютно темным, а обладает некоторой яркостью, вызванной отражением света наземных источников от верхних слоев атмосферы, рассеянием солнечного света на межпланетных пылинках (Зодиакальный свет), а также свечением неразрешаемых глазом бесчисленных слабых звезд. С уменьшением диаметра выходного зрачка телескопа (то есть с ростом его кратности.— *Прим. ред.*) видимая яркость ночного неба уменьшается, контрастная же видимость слабых звезд на фоне неба улучшается¹⁵. Особенно важно учитывать это при наблюдениях в городских условиях, где ночное небо ярче обычного из-за рассеяния света городских огней в земной атмосфере.

При наблюдении комет, поскольку эти небесные объекты обладают определенной протяженностью, желательно по возможности увеличить яркость их изображения (что требует уменьшения кратности телескопа, то есть увеличения его выходного зрачка.— *Прим. ред.*). Для эффективного использования глазного зрачка «охотники за кометами»

¹⁵ Очевидно, лишь до тех пор, пока размеры дифракционного изображения звезды не превзойдут размеры зрительной клетки, после чего воспринимаемая яркость звезды будет уменьшаться так же, как и яркость неба.— *Прим. ред.*

предпочитают работать с выходным зрачком диаметром 7 миллиметров. Однако с увеличением выходного зрачка одинаково возрастают и яркость изображения кометы и яркость изображения неба. В результате, при ярком ночном небе поиск комет становится затруднительным, ввиду слабого контраста их изображения. Поиск комет будет эффективней, если направлять телескоп на темные участки неба, то есть подальше от мест, освещенных земными огнями.

В фокальной плоскости объектива телескопа системы Кеплера можно поместить выгравированную на стекле градуированную шкалу, и тогда в окуляр будут отчетливо видны одновременно и изображение, и эта шкала. Такое приспособление, конечно, очень удобно для выполнения точных измерений. В телескопе, используемом для работы в дневное время, поле зрения видно ясно и шкала хорошо различима. Однако в телескопе, используемом для ночных астрономических наблюдений, шкала почти не видна на слабом фоне изображения, и пользоваться ею трудно.

Чтобы в телескопе системы Кеплера получить более широкое поле зрения, необходимо взять окуляр большего диаметра, так как лучи света, проходящие объектив под большим углом, не могут попасть в окуляр с малым диаметром. Можно и избежать нежелательного увеличения диаметра окуляра, поместив еще одну выпуклую линзу между объективом и его фокальной плоскостью, — такая линза носит название линзы поля. Она отклоняет лучи, идущие от объектива ближе к оси телескопа (благодаря чему уменьша-

ются линейные размеры поля зрения.— *Прим. ред.*). Поскольку линза поля располагается недалеко от фокальной плоскости, она может быть сравнительно небольшого диаметра.

За линзой поля ставится вторая выпуклая линза, играющая роль увеличительного стекла, через которую рассматривается уменьшенное теперь поле зрения. Эту линзу называют глазной линзой. Подобная схема использования двух выпуклых линз в качестве окуляра, позволяющая получить более широкое поле зрения, была разработана в 1703 году голландцем Гюйгенсом.

ПРИЗМЕННЫЙ БИНОКЛЬ

В 1854 году у итальянца Порро возникла идея расположить между объективом и окуляром специальные призмы, которые делали изображение прямым, и кроме того, способствовали сильному уменьшению длины трубы телескопа. И по сей день основанный на этой идее телескоп малого размера, точнее, пара таких соединенных воедино телескопов, получившая название призмленного бинокля, применяется для наземных наблюдений не слишком далеко расположенных объектов.

Благодаря применению призм трубы в бинокле Порро имеют ломаную форму, и линзы объективов оказываются разнесенными на большее расстояние (имеют большую «базу»), чем межглазное расстояние. Поэтому изображение приобретает стереоскопическую объемность, что является определенным преимуще-

ществом при наблюдениях наземных объектов.

Хотя при наблюдениях далеких небесных объектов стереоскопический эффект практически не достигается, тем не менее подобная оптическая система благодаря возможности увеличить диаметры объективов может и здесь быть весьма эффективной, в частности при поиске комет. Существенным преимуществом является и то, что при наблюдении обоими глазами яркость изображения наблюдаемых объектов как бы увеличивается вдвое. Поэтому бинокулярная система весьма привлекательна в качестве «кометоискателя», и в Японии «охотники за кометами» довольно широко используют такие системы с диаметром объективов 140 миллиметров и кратностью увеличения 20, а также бинокулярные телескопы с объективами диаметром 150 миллиметров и кратностью 25.

Бинокль в наше время получил широкое распространение, и многие, конечно, пытаются взглянуть через него ночью на звездное небо, безусловно, обнаруживая, насколько интереснее и красивее выглядят звезды по сравнению с тем, что мы видим невооруженным глазом. Особенно же приятно использовать это простое средство, чтобы хоть в какой-то мере приобщиться к тайнам Вселенной. Например, во время таких событий, как появление на небе крупных комет, подобных кометам Когоутека и Веста. Немало людей живет в таких местах, где им ничто не препятствует вечером, с наступлением сумерек и несколько позже, разглядывать в окуляры своего бинокля западную часть небосвода, надеясь обнаружить большую комету.

ВЫБОР БИНОКУЛЯРНОГО ТЕЛЕСКОПА

Здесь я хотел бы дать читателю несколько советов, которые, надеюсь, будут ему полезны, если он собирается приобрести себе новый бинокулярный телескоп. Имеющиеся в продаже бинокулярные телескопы отличаются значительным разнообразием, и их выбор в настоящее время достаточно широк. Прежде всего хотелось бы отметить, что, если вы испытываете хотя бы некоторый интерес к наблюдениям за небесными объектами, то желательно выбирать прибор с большим выходным зрачком.

На корпусе бинокулярного телескопа обязательно имеются цифровые индексы типа 8×24 или 7×50 . Это указание кратности и диаметра объектива. В первом случае диаметр объектива равен 24 миллиметрам, кратность 8, во втором — диаметр объектива 50 миллиметр, кратность 7. Выходной зрачок сразу же находится делением диаметра объектива на кратность: в первом случае он будет равен 3 миллиметрам, а во втором — 7 миллиметрам.

Самой простой проверкой годности прибора при покупке его в магазине ¹⁶ является

¹⁶ Любителям астрономии в СССР, желающим заняться поисками комет, можно рекомендовать приобрести полевой бинокль БП7 $\times$ 50 (диаметр 50 мм, кратность 7), бинокуляр БМТ-110 (диаметр 110 мм, кратность 20), зрительную трубу ТЗК (диаметр 80 мм, кратность 8), а также бинокуляр Народного предприятия «Карл Цейс Йена» «Асемби» (диаметр 88 мм, кратность 20). Подробнее об этом, см.: Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. М., Наука, 1980, с. 123—124. — *Прим. ред.*

осмотр формы выходного зрачка. Для этого следует, взяв бинокль двумя руками и вытянув их перед собой, посмотреть через окуляры на белую стену или на светлое небо. При этом вы должны в каждом окуляре увидеть светлый кружок. Это будет выходной зрачок, то есть действительное изображение объектива, даваемое окуляром. При плохом качестве поворотных призм выходной зрачок будет делиться на четыре сектора, а его внешняя сторона будет окрашена в фиолетовый цвет. Кроме того, на внешней части выходного зрачка могут появиться освещенные участки в виде полумесяца. Все это способствует сильному ухудшению контрастности изображения, и поэтому следует избегать покупать подобную продукцию.

Затем следует посмотреть в бинокль с противоположной стороны, повернув его к себе объективом. Если при этом направить бинокль, например, на яркую электрическую лампочку, то вы сразу заметите, если они есть, пузырьки в призме или линзе. Поскольку в последнее время контроль за качеством продукции производится весьма тщательно, подобные изделия обычно не поступают в магазины, однако, к сожалению, такое еще все-таки случается.

Желательно также проверить работу вращаемого рифленого диска, предназначенного для настройки на резкость, а также легкость вращения оси устройства, служащего для регулирования расстояния между окулярами. Работа этих механизмов должна быть легкой и плавной: вы особенно оцените это, когда будете вести наблюдения ранним морозным утром в зимнее время.

Непосредственно из магазина вы, видимо, не сможете наблюдать звезды, однако наберитесь терпения и рассмотрите в бинокль то, что видно из окна. Необходимо посмотреть на различные предметы, на разных расстояниях и при различной их освещенности, чтобы заметить имеющиеся различия. То, чего вы можете не заметить при разглядывании одного объекта, выяснится, когда вы сделаете сравнение.¹ Вы должны установить, какова в разных случаях ширина поля зрения, нет ли искривлений изображения и каким получается цветное изображение.

Несколько слов следует сказать о хранении бинокля и уходе за ним. Если после покупки вы некоторое время держите бинокль без применения, желательно вынуть его из кожаного чехла и хранить в теплом и сухом месте. Для любых оптических линз большим врагом является плесень, поэтому следует обращать внимание на то, чтобы аппарат не отсырел во время астрономических наблюдений в прохладные росные ночи.

Поскольку бинокль — это точный оптический прибор, необходимо всячески его оберегать от каких-либо ударов. Размещенные в трубах призмы представляют собой весьма чувствительную часть оптической системы, и хотя они помещены в металлическом кожухе и крепятся там стальными пластинками, тем не менее даже незначительная деформация последних при ударе может привести к заметному смещению оптической оси.

Совершенно недопустима самостоятельная разборка кожуха прибора, так как при этом может произойти утечка азота, заполняющего его внутреннюю часть. Необходимо выпол-

нять и другие стандартные правила ухода за оптическими приборами, в частности, использовать для очистки и протирания линз только специально предназначенные для этого средства.

При соответствующем уходе за биноклем он может служить вам всю вашу жизнь. В биноклях используется стекло, более качественное, чем в объективах фотоаппаратов, и почти совсем не наблюдается потерь ими необходимых свойств со временем.

ХРОМАТИЧЕСКАЯ АБЕРРАЦИЯ И «ВОЗДУШНЫЙ ТЕЛЕСКОП»

При прохождении солнечных лучей сквозь призму происходит не только их преломление, но и разделение на семь цветов радуги. Это явление было открыто Ньютоном в 1666 году. Белый свет разделяется на цвета, поскольку представляет собой смесь излучений разных длин волн. Красный свет имеет длину волны около 600 нанометров, фиолетовый — около 400 нанометров, а длины волн остальных цветов радуги располагаются последовательно в этом промежутке, образуя то, что называют цветовым спектром. Разложение белого света в спектр в призме происходит из-за того, что степень преломления света стеклом увеличивается с уменьшением длины световой волны.

При попытке сфокусировать с помощью выпуклой линзы преломленный и разделенный призмой на цвета белый свет фокусировка излучения для разных частей цветового спектра произойдет в несколько отличных

друг от друга местах. В частности, красный свет, отличающийся наименьшей степенью преломления, сфокусируется в самой дальней от линзы точке. Если теперь расположим лист белой бумаги или матовое стекло ближе к линзе, там, где сфокусирован фиолетовый цвет, то обнаружим, что желтый и красный цвета, будучи не в фокусе, окружают фиолетовый цвет ореолом. Это и есть хроматическая aberrация — изображение звезды оказывается нерезким смешанным цветовым пятном (рис. 15).

Фокусирование светового излучения разного цвета в различных частях оптической оси носит название продольной хроматической aberrации. Она возрастает с увеличением фокусного расстояния линзы. При одинаковой величине продольной хроматической aberrации нерезкость изображения, то есть диаметр окрашенного пятна, возрастает с увеличением диаметра линзы. Такое расплывание изображения носит название поперечной хроматической aberrации.

Таким образом, для получения более отчетливого изображения следует уменьшить диаметр линзы. Но при этом возникает знакомая нам проблема дифракции, влияющая на разрешающую способность, а поскольку последнюю желательно было сохранить дос-

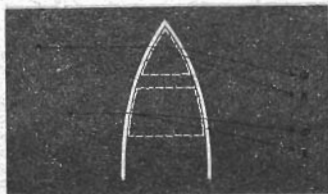


Рис. 15. Схема прохождения световых лучей в линзе, объясняющая возникновение хроматической aberrации: Φ и K — соответственно лучи фиолетового и красного цветов

таточно высокой, то приходилось строить телескопы с чрезвычайно большими фокусными расстояниями¹⁷.

Уже в XVII веке астрономы на основании законов геометрической оптики пришли к выводу, что из-за хроматической аберрации увеличение диаметра телескопа в n раз требует увеличения фокусного расстояния в n^2 раз. Возникла мысль о размещении линзы объектива на каком-нибудь очень высоком столбе, и появились длиннофокусные телес-

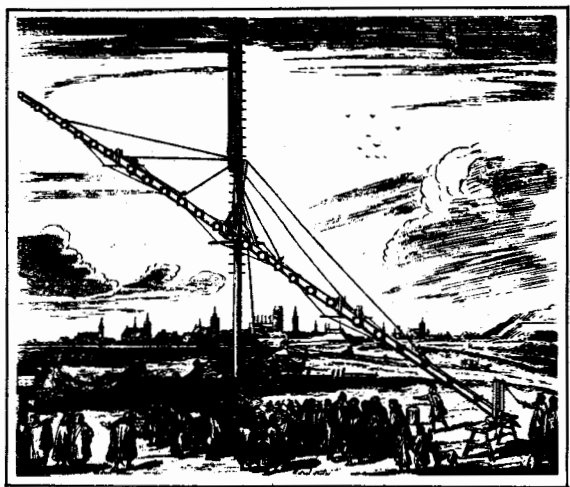


Рис. 16. Гравюра с изображением «воздушного телескопа» Гевелия

¹⁷ Чтобы кружок, обусловленный хроматической аберрацией, был меньше дифракционного, фокусное расстояние линзы из кронгласа диаметром 10 см должно превышать 19 метров. — *Прим. ред.*

копы, у которых вообще отсутствовала труба. Какого рода при этом возникали громоздкие сооружения, можно понять из рис. 16, на котором изображен подобный «воздушный телескоп», созданный пельским астрономом Гевелием.

В 1656 году Гюйгенс открыл кольцо Сатурна, которое было плохо различимо в телескоп Галилея. При этом он использовал телескоп с диаметром объектива 57 миллиметров и фокусным расстоянием 3,3 метра. Когда же в 1671 году Кассини обнаружил, что кольцо Сатурна двойное и в нем есть темный промежуток, он, как сообщают, использовал телескоп длиной... 44 метра.

ИЗОБРЕТЕНИЕ ЗЕРКАЛЬНОГО ТЕЛЕСКОПА

Считая хроматическую аберрацию неустраняемой, Ньютон разработал проект отражательного телескопа — рефлектора, в котором в качестве объектива вместо линзы служило вогнутое, отражающее свет зеркало. Построенный им телескоп-рефлектор имел диаметр зеркала 34 миллиметра, фокусное расстояние 159 миллиметров, кратность — 38. В качестве материала для зеркала Ньютон использовал сплав меди, мышьяка и цинка, а полировал зеркало с помощью олова. Продемонстрировав действие своего телескопа членам Лондонского королевского общества, Ньютон был избран его членом. Зеркальный телескоп Ньютона хранится теперь в музее в Лондоне.

В телескопе-рефлекторе параллельные лучи

света, падающие на главное вогнутое зеркало, отразившись от него, собираются в пучок и фокусируются в противоположном их приходу направлении. Если расположить окуляр вблизи точки фокусирования и попытаться посмотреть в него, то нам будет мешать собственная голова, заслоняющая приходящие в телескоп лучи. Ньютон непосредственно перед точкой фокуса расположил плоское зеркало, повернутое под углом 45° к оси главного зеркала, и таким образом отвел фокусирующийся световой пучок в перпендикулярном направлении.

Такое приспособление позволяло получить точку фокуса в том месте оптической системы, где размещение окуляра и наблюдателя не мешало бы прохождению лучей, поступающих на главное зеркало. Эта оптическая система телескопа-рефлектора была названа системой Ньютона. Хотя несколько неестественным выглядело расположение наблюдателя под углом 90° к направлению на наблюдаемый объект, телескоп системы Ньютона отличался простотой и стал широко использоваться для астрономических наблюдений.

Главное вогнутое зеркало шлифовалось таким образом, чтобы его поверхность имела параболическую форму: только в этом случае пучок падающих на зеркало параллельных лучей собирается в одну точку. При сферической поверхности главного зеркала фокусное расстояние его центральной части будет больше фокусного расстояния краев зеркала и параллельные лучи не соберутся в одной точке. Здесь мы сталкиваемся с явлением аберрации, вызванной сферической

поверхностью. С помощью же параболической поверхности удастся собрать параллельные лучи со всей поверхности зеркала в одну точку, поскольку центральная часть такого зеркала имеет несколько бóльшую вогнутость и, следовательно, меньшее фокусное расстояние, чем сферическая поверхность.

Главное достоинство телескопа-рефлектора заключается в полном отсутствии хроматической аберрации, благодаря чему, например, изображение звезды получается исключительно резким. Следует отметить, что Ньютон не был первым, кого осенила идея заменить линзу объектива отражающим зеркалом. В 1661 году Грегори предложил проект зеркального телескопа собственной конструкции, который теперь называют телескопом системы Грегори. Однако ему не удалось добиться выполнения заказа на необходимые оптические детали, и свой телескоп он не построил.

В телескопе системы Грегори лучи света, отразившись от параболической поверхности главного зеркала и пройдя точку фокуса, начинают снова расходиться, но затем вновь отражаются назад к главному зеркалу с помощью вогнутой эллиптической поверхности второго зеркала небольшого диаметра. В центральной части главного зеркала имеется небольшое отверстие, пройдя которое, лучи опять фокусируются, но уже позади главного зеркала, где и помещается окуляр. В результате достигается естественное расположение наблюдателя — напротив наблюдаемого объекта, на который направлен телескоп. Важной особенностью телескопа подобной систе-

мы является то, что с помощью специальной добавочной линзы в нем можно получить прямое изображение. В XVIII веке изготовление телескопов системы Грегори получило широкое распространение, и именно их главным образом применяли при проведении астрономических наблюдений.

Через несколько лет после создания Ньютоном своего телескопа было опубликовано сообщение о создании зеркального телескопа Кассегреном, который в отличие от Грегори предложил использовать вторичное зеркало с выпуклой гиперболической поверхностью. Поскольку в телескопе системы Кассегрена вторичное зеркало располагалось на пути световых лучей, когда они еще не достигали точки фокуса главного зеркала, изображение получалось прямым, а не перевернутым, и при этом труба телескопа оказывалась меньшей длины. Все это выгодно отличало телескоп системы Кассегрена от телескопа системы Грегори.

В 1721 году Хэдли завершил создание телескопа-рефлектора системы Ньютона с диаметром зеркала 15 сантиметров и фокусным расстоянием 1,5 метра. Этот телескоп обладал такими же возможностями, как и «воздушный телескоп» Гюйгенса с его малым диаметром объектива и огромной длиной в 37 метров. Тем самым была убедительно доказана эффективность зеркального телескопа в качестве инструмента для астрономических наблюдений.

Использовавшийся в те времена для изготовления зеркал сплав меди и олова, называвшийся зеркальным сплавом, обладал отражательной способностью не более 60%.

Однако такой коэффициент отражения был у зеркала только в момент его изготовления, а затем быстро снижался. Поэтому астрономы вынуждены были довольно часто производить повторную полировку поверхности зеркала. К тому же, прежде чем сфокусироваться, свет отражался от зеркальных поверхностей дважды, а из-за этого его интенсивность сильно уменьшалась.

Гершель предложил еще одну оптическую систему для телескопа-рефлектора, в которой вовсе отсутствовало вторичное зеркало, а фокус зеркала находился вне трубы, сбоку от нее, что достигалось специальным расположением оптической оси зеркала под некоторым углом к оси трубы. Смотреть в такой телескоп приходилось в противоположную от объекта сторону, к тому же изображение получалось перевернутым. Однако, несмотря на эти неудобства, количество света в такой

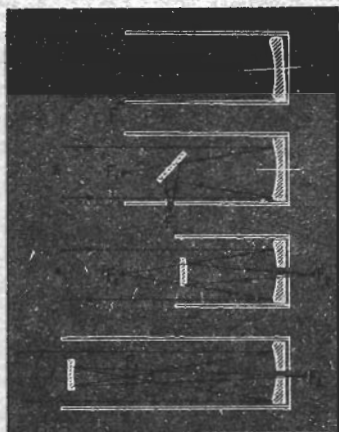


Рис. 17. Схема прохождения световых лучей в зеркальных телескопах: *а* — типа Гершеля (F — фокус); *б* — типа Ньютона (F_1 — фокус главного зеркала; F_2 — точка фокуса после отражения лучей от плоского зеркала); *в* — типа Кассегрена (F_1 — фокус главного зеркала; F_2 — точка фокуса лучей после отражения от выпуклого зеркала); *г* — типа Грегори (F_1 — фокус главного зеркала; F_2 — точка фокуса лучей, отраженных от вогнутого вторичного зеркала)

системе увеличилось вдвое (из-за однократности отражения), что вполне компенсировало указанные недостатки (рис. 17).

В 1783 году Гершель построил телескоп собственной системы с диаметром зеркала 475 миллиметров и фокусным расстоянием 7 метров. С его помощью ему удалось открыть много двойных звезд, произвести подсчеты числа звезд разной яркости на небе и изучить строение Млечного Пути. В 1789 году Гершель создал еще больший телескоп — с диаметром зеркала 1,22 метра и фокусным расстоянием 12 метров (рис. 18).

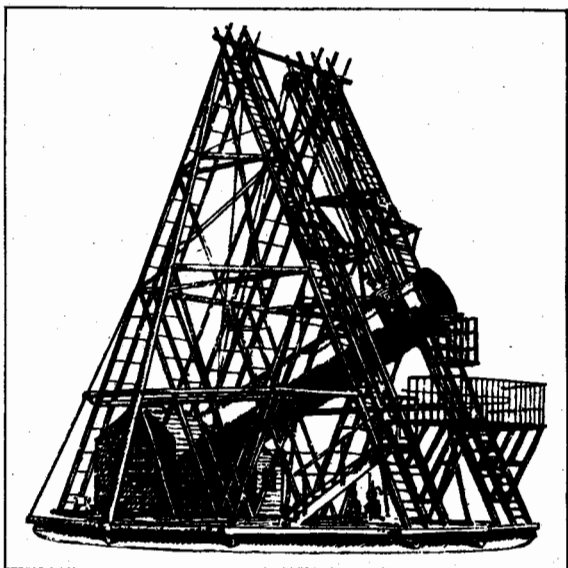


Рис. 18. Гравюра с изображением телескопа Гершеля 1789 года

В первую же ночь наблюдений с новым телескопом он открыл 6-й спутник планеты Сатурн, а вскоре вслед за этим и 7-й спутник.

В последующем астрономы также задавались целью изготовлять телескопы как можно с большим диаметром зеркала, которые позволили бы увидеть все более слабые звезды. В 1861 году Росс построил телескоп диаметром 1,84 метра и фокусным расстоянием 16,5 метра, а в 1865 году Расселом был создан телескоп с диаметром зеркала 1,2 метра и фокусным расстоянием 11,3 метра. Эти крупные телескопы, представлявшие собой большие и сложные устройства, стали определенным достижением науки и техники того времени и помогли сделать ряд открытий в области астрономии.

ГЛАВА 5

КОМЕТЫ-
РЕДКИЕ
ГОСТЫ
НА НЕБЕ



ПОЛОЖЕНИЕ ОБЪЕКТА НА НЕБЕ

Получив сообщение об открытии новой кометы, на обсерватории начинают прежде всего определять ее положение, поскольку это дает необходимый материал для расчета орбиты кометы. Однако и «охотнику за кометами», если ему удалось открыть комету, желательно как можно скорее произвести предварительный расчет ее орбиты с целью определения будущих положений кометы на небе. В следующую ночь может испортиться погода, или из-за более яркой луны комета станет невидимой. Можно опасаться, что вы ошибетесь при определении направления и скорости перемещения кометы по небу, и она потеряется. Чтобы застраховать себя от всего этого, необходимо сделать примерный расчет будущего движения кометы.

Расчет орбиты может вдруг выявить, что комета, подобно комете Икейя — Секи, должна сильно приблизиться к Солнцу. А возможно, что она станет такой же яркой, как комета Веста или комета Когоутека. Получение исходных данных о ее орбите и быстрая отправка их на обсерваторию желательны еще и потому, что расписание работы крупных телескопов, как уже говорилось ранее, планируется заранее и строго соблюдается. Поэтому бывает не так-то просто сразу получить даже небольшое количество времени для выполнения внеплановых наблюдений кометы.

Для расчета орбиты не только кометы, но и любого другого небесного тела Солнечной системы необходимо знать, в каком направ-

лении и на каком расстоянии находится данное небесное тело в каждый определенный момент времени. Как же определять положение того или иного объекта на небе?

Прежде всего необходимо узнать, в каком созвездии данный объект находится или, что еще лучше, определить, вблизи какой звезды и какого созвездия он находится. В этом определение координат небесного объекта весьма схоже с выяснением адреса. Сначала определяют: «В такой-то области», затем уточняют: «В таком-то районе, в таком-то городе, на такой-то улице» и т. д.

При определении точного географического положения применяется система географических координат: «столько-то градусов и минут восточной или западной долготы, столько-то градусов и минут северной или южной широты». Подобным же образом местоположение на небе может быть выражено угловыми координатами, аналогичными широте и долготе. Широте будет соответствовать угловое расстояние объекта от некоторой вертикальной оси, а долготе — угловое расстояние от некоторой горизонтальной оси. При этом следует отметить, что в зависимости от используемой системы отсчета, то есть от выбора основных вертикальной и горизонтальной осей, один и тот же объект может иметь различные координаты.

В астрономии применяют системы координат, связанные либо с горизонтом, либо с небесным экватором, либо с эклиптикой, либо с плоскостью симметрии Млечного Пути. В горизонтальной системе координат положение объекта относительно наблюдателя определяется азимутом и углом места, то

есть высотой объекта над горизонтом. Азимут в астрономии принято измерять от направления на Юг (азимут точки Юга считается равным нулю) до направления на объект, отсчитывая угол в сторону Запада вплоть до 360° . Таким образом, азимут точки Севера равняется 180° . Угол места (или высота) определяется из условия, что он для уровня моря равен 0° , а для точки зенита (в направлении «прямо над головой») — 90° . Вместо угла места часто используется зенитное расстояние: 90° минус угол места.

При использовании горизонтальной системы координат удобно работать с теодолитом, имеющим две проградуйрованные шкалы: для измерения углов в горизонтальной и в вертикальной (определяемой отвесом) плоскостях. Таким образом можно определить местоположение любой звезды на небе. Поскольку при поиске комет приходится много раз передвигать телескоп вдоль линии горизонта (то на Восток, то на Запад), использование горизонтальной системы координат весьма удобно. Однако это удобство ограничено местом наблюдения: горизонтальные координаты объекта, измеренные в данном месте, нельзя непосредственно сравнивать с горизонтальными координатами, определенными в другом.

От этого недостатка свободна экваториальная система координат, связанная с вращением Земли. Вертикальной осью в этой системе является ось вращения земного шара, представляющая собой прямую, проходящую через Северный и Южный полюсы Земли. Ее пересечение с небесной сферой определяет Северный и Южный полюсы неба, называе-

мые полюсами мира. Если угловое расстояние в 180° между двумя этими полюсами разбить пополам и, оставаясь на равных расстояниях от обоих полюсов, мысленно прочертить круг по небу, то получится то, что называют небесным экватором.

Если от направления на небесный экватор (0°) будем отсчитывать угол в направлении к Северному полюсу мира (90°) со знаком плюс, а в направлении Южного полюса мира (-90°) — со знаком минус, то тем самым определится угловая координата, которая называется склонением (она аналогична географической широте). Разделим теперь небесный экватор на 24 «часовых» пояса, определив тем самым угловую координату, соответствующую географической долготе. Она называется прямым восхождением и измеряется в часах, минутах и секундах. За начало ее отсчета принимается точка на небесном экваторе, в которой находится Солнце в день весеннего равноденствия. Прямое восхождение отсчитывается от точки весеннего равноденствия против часовой стрелки, если смотреть на экватор со стороны Северного полюса мира.

Экваториальная система координат применяется в первую очередь для определения положений звезд, но используется она и для Луны и планет. Однако для последних особенно удобна эклиптическая система координат. В ней в отличие от экваториальной системы, где роль основной координатной плоскости играет плоскость земного экватора, для этих же целей служит плоскость земной орбиты. Если пересечение плоскости земного экватора с небесной сферой давало

линию небесного экватора, то пересечение плоскости земной орбиты с небесной сферой определяет так называемую линию эклиптики.

Эклиптическая система координат широко применялась в старые времена, когда господствовала астрология. Вдоль линии эклиптики располагаются 12 созвездий, называемых зодиакальными и условно обозначаемых с помощью специальных знаков зодиака. Так, например, точка весеннего равноденствия долгое время находилась в зодиакальном созвездии Овна, которое обозначается символом γ , напоминающим по форме рога барана.

Вследствие прецессионного движения оси Земли относительно оси эклиптики, имеющего период 26 тысяч лет, точка весеннего равноденствия (в которой пересекается небесный экватор с линией эклиптики.— *Прим. ред.*) непрерывно смещается и в настоящее время находится в созвездии Рыбы. Следовательно, при указании положения объекта на небе при помощи экваториальных или эклиптических координат требуется обязательно уточнить, к равноденствию какого года отнесена система координат. При определении положения кометы в экваториальной системе координат удобно производить измерения относительно ближайшей звезды, для которой мы хорошо знаем экваториальные координаты.

Как известно, наша Галактика (видимая на небе в виде Млечного Пути), к которой принадлежит Солнечная система, представляет собой скопление большого числа звезд. Внешне Млечный Путь напоминает огром-

ную звездную реку, как бы опоясывающую всю небесную сферу. Усредненная линия, проходящая вдоль наиболее яркой части Млечного Пути и носящая название галактического экватора, образует базовую линию галактической системы координат: галактической широты и галактической долготы. Галактическая система координат удобна для определения положения на небе различных небесных объектов, но она особенно удобна при рассмотрении проблем, касающихся строения Галактики.

«БОННСКОЕ ОБОЗРЕНИЕ»

В 1850 году Аргеландер, работавший в Германии на Боннской обсерватории, составил каталог всех звезд, доступных наблюдению в 72-миллиметровый телескоп. Этот каталог, получивший название «Боннского обозрения» (каталог *BD*), включает данные о расположении и яркости 324 188 звезд до 10-й звездной величины, заключенных в полусфере от Северного полюса мира до круга склонения -2° . Прямое восхождение звезд указывалось с точностью до 1^s , а склонение — до $0,1'$. Поскольку рядом с кометой всегда найдется несколько звезд, включенных в «Боннское обозрение», то, делая зарисовку, нужно обязательно отождествить такие звезды.

Впоследствии ученик Аргеландера Шенфильд расширил этот каталог до склонения -23° , и количество включенных в него звезд возросло на 133 тысячи. Еще через некоторое время аргентинцы Том и Палайн

расширили каталог до склонения — 90° и создали так называемое «Кордобское обозрение» (каталог звезд южного неба), куда были включены 580 000 звезд Южного полушария.

При расчете положения кометы следует перенести расположение звезд, находящихся в непосредственной близости от наблюдаемой кометы, из звездного каталога на миллиметровую бумагу в масштабе, при котором 1° соответствует 6 сантиметрам. На горизонтальной оси откладывают прямое восхождение, на вертикальной — склонение, затем сравнивают расположение звезд, каким вы его получили на зарисовке, с расположением на миллиметровке и устанавливают соответствие между ними. Измеряя интервалы между звездами на миллиметровке, нужно последовательно уточнить соответствующие пропорции на зарисовке, уточнив тем самым расположение кометы относительно звезд. Необходимые отрезки расстояний откладываются с помощью циркуля.

Следует отметить, что «Боннское обозрение» было составлено на основе наблюдений 130-летней давности, и за истекшие годы произошли некоторые изменения во взаимном расположении звезд, обусловленные так называемыми собственными движениями звезд.

Поскольку положение звезд в «Боннском обозрении» определялось упрощенным методом, то при этом не всегда достигалась необходимая точность. Поэтому на заседании Немецкого астрономического общества в 1867 году по предложению Аргеландера было принято решение о проведении работ

по уточнению каталога и атласа звезд. С этой целью предполагалось выполнить наблюдения звезд «Боннского обозрения» с помощью специальных телескопов, применяемых для точного определения положений небесных тел. Эти телескопы называются меридианными кругами.

В выполнении такого проекта, помимо Германии, приняли участие Великобритания, Австралия, Россия и США, в общей сложности 12 обсерваторий, располагавших меридианными кругами. Эта работа явилась примером широкого международного сотрудничества. Созданный в результате этого коллективного труда звездный каталог носит название Каталога Немецкого астрономического общества (Каталога AGK). Точность в определении прямого восхождения звезд в каталоге AGK равна $0,01^s$, а в определении склонения — $0,1''$.

Аргентинскими астрономами с участием сотрудников обсерваторий ряда других стран Южного полушария Земли были проведены соответствующие работы по определению положений опорных звезд южного неба. В результате был издан каталог, в который вошло около 250 тысяч звезд. Большая часть данных о положениях звезд в этом каталоге получена в результате наблюдений, выполненных в 80-х годах прошлого столетия. С тех пор он широко используется для сравнительных наблюдений и определения местоположения комет и малых планет.

Каталог AGK содержал данные о звездах до 9-й звездной величины. В тех участках неба, которые удалены от Млечного Пути и где звезд меньше, при наблюдении комет с помощью телескопа с узким полем зрения можно и не найти необходимую звезду отсчета для определения местоположения кометы. Это представляло определенное неудобство. В 1887 году по предложению Франции была начата новая международная программа астрономических наблюдений для составления звездного каталога, который включал бы до 20 миллионов звезд всей небесной сферы вплоть до звезд 12-й звездной величины. Выполнение программы было рассчитано на применение техники фотографии, только входившей тогда в практику, с определением положений звезд при помощи измерений на фотопластинках. Для контроля за выполнением этого проекта (получившего название «Карта неба». — *Прим. ред.*) был создан специальный международный комитет.

Всего в работе приняло участие 18 обсерваторий мира. Руководящая роль в выполнении программы наблюдений принадлежала английскому астроному Таннеру из Кембриджа и французу Араго. Братья Анри из Франции специально построили несколько телескопов, снабженных фотографической аппаратурой и предназначенных для ряда обсерваторий, участвовавших в реализации проекта. Объективами телескопов служили линзы диаметром 34 сантиметра с фокусным расстоянием 344 сантиметра. При таком фо-

кусном расстоянии угловому расстоянию на небе в $1'$ соответствует на пластинке отрезок, точно равный 1 миллиметру. При использовании квадратной пластинки 13×13 сантиметров данный масштаб обеспечивал фотографирование участка неба $2 \times 2^\circ$.

Точность определения положений звезд по этому каталогу (с использованием некоторых вспомогательных таблиц) не уступает точности измерений с помощью меридианного круга. При составлении каталога фотографирование производилось каждый раз с передвижением направления оптической оси телескопа на 1° , и с учетом ширины поля зрения получалось, что каждая звезда фотографировалась по крайней мере два раза. Полный обзор должен был состоять из 22 167 снимков.

Обсерватории систематически опубликовывали результаты своих наблюдений и расчетов. Однако различные финансовые трудности и две мировые войны сильно затянули окончание этого труда, к тому же несколько обсерваторий отошли от этой программы. В результате прошло три четверти века, прежде чем в 1965 году вышел завершённый звездный каталог, состоящий вместе с дополнениями из 200 томов (рис. 19).

Между тем учрежденный для выполнения этой программы комитет сыграл роль родительской организации при создании в 1919 году Международного астрономического союза (МАС).

Астрономы Германии, Франции и Великобритании стремились к реализации как программы звездного каталога AGK, так и фотографического каталога «Карта неба».

N°.	G°.	X.	Y.	N°.	G°.	X.	Y.	N°.	G°.	X.	Y.	N°.	G°.	X.	Y.
Cluscul 807 : + 21° 1' 24". 6 Novembre 1894. H = - 0 17. 0 = 10, 2.															
86	8,7	+ 6,3786	+ 0,9955	148	9,5	- 58,7864	- 34,3708	206	10,0	- 15,7070	- 35,0246	266	10,4	- 42,0981	- 2,1299
87	10,8	+ 7,0907	+ 0,1905	147	9,8	- 64,0171	- 41,3377	207	10,5	- 15,6577	- 32,0133	267	9,0	- 42,7070	- 20,7751
88	10,8	+ 7,2508	+ 1,7020	148	10,5	- 64,9063	+ 5,5896	208	10,7	- 15,6584	- 2,8511	268	10,1	- 46,0453	- 21,4300
89	10,8	+ 7,4355	+ 7,8244	149	10,3	- 65,1890	+ 9,7718	209	10,7	- 14,8833	- 50,7753	269	9,6	- 46,9064	- 28,4263
90	9,9	+ 8,3595	+ 2,8651	150	10,3	- 63,4076	- 9,3108	210	10,3	- 14,3665	- 33,1087	270	8,5	- 47,0335	- 7,9759
91	10,8	+ 8,9590	+ 14,4074	151	10,4	- 60,9706	- 45,5970	211	10,8	- 14,0268	- 45,5725	271	10,5	- 49,3135	- 24,8306
92	8,4	+ 9,0938	- 49,9820	152	9,6	- 60,2629	- 32,2974	212	10,1	- 13,8650	- 43,4462	272	10,4	- 50,0971	- 8,3072
93	10,3	+ 10,9067	+ 7,8858	153	9,5	- 60,1225	- 54,9319	213	9,8	- 13,1965	- 47,8200	273	9,5	- 50,1268	- 8,8473
94	10,7	+ 13,1329	+ 8,9247	154	10,2	- 59,0397	- 38,4603	214	9,8	- 12,0354	- 56,1970	274	9,7	- 50,1868	- 59,1708
95	10,7	+ 13,2532	+ 8,3696	155	9,9	- 58,4637	- 62,9447	215	9,8	- 12,0330	- 57,3901	275	9,7	- 51,1940	- 2,4383
96	10,2	+ 13,8565	+ 3,1703	156	8,7	- 50,3492	- 51,4328	216	10,6	- 11,4516	- 16,0001	276	8,3	- 52,0044	- 46,6775
97	9,9	+ 14,3408	- 35,0891	157	10,8	- 54,7791	- 37,0680	217	9,7	- 10,5963	- 33,3533	277	10,5	- 52,0669	- 1,1737
98	10,7	+ 14,7602	- 53,4198	158	10,7	- 50,1998	- 34,0350	218	10,6	- 10,3383	- 14,0818	278	9,8	- 53,0664	- 52,8901
99	10,5	+ 16,9899	+ 13,9773	159	9,6	- 49,8636	- 62,3694	219	10,7	- 7,5272	- 31,5355	279	10,5	- 53,4431	- 6,2075
100	10,5	+ 17,7157	- 41,4002	160	10,8	- 49,7416	- 47,2729	220	10,8	- 7,1380	- 51,1237	280	10,3	- 54,1198	- 29,8768
101	10,7	+ 17,9469	+ 1,5518	161	9,9	- 46,8909	- 5,1060	221	10,7	- 4,6639	- 50,7806	281	9,0	- 55,8404	- 21,8379
102	10,7	+ 18,2213	- 62,5345	162	9,9	- 46,3516	- 36,0947	222	9,9	- 2,2115	- 46,8041	282	9,9	- 58,3791	- 60,8463
103	11,1	+ 18,8826	+ 15,5038	163	9,8	- 45,4613	- 44,9648	223	10,8	- 1,8139	- 23,4053	283	10,2	- 59,1042	- 52,0450
104	10,8	+ 19,1680	- 17,8026	164	10,8	- 43,6622	- 5,0617	224	10,7	- 1,7739	- 57,1434	284	10,8	- 60,9816	- 51,4419
105	10,7	+ 20,3538	- 48,0088	165	10,1	- 42,6929	- 49,8789	225	8,9	- 0,7749	- 62,5530	285	10,8	- 61,0437	- 17,0257
106	10,5	+ 20,7231	+ 16,1081	166	10,4	- 41,2071	- 18,4328	226	9,9	- 0,1084	- 46,8740	286	10,6	- 61,1005	- 24,9217
107	10,8	+ 20,8623	- 53,3932	167	10,6	- 41,0333	- 34,6000	227	10,5	- 0,1187	- 47,2844	287	10,8	- 63,9332	- 18,802
108	10,2	+ 21,2235	+ 1,4940	168	10,8	- 39,8657	- 22,5130	228	10,6	- 0,1160	- 59,5860	288	9,9	- 64,4664	- 56,7526
109	10,8	+ 21,3325	- 53,2534	169	10,7	- 39,8108	- 22,5191	229	9,6	- 0,1208	- 59,8919				
110	10,9	+ 21,4953	+ 43,5911	170	10,7	- 38,5673	- 8,9872	230	10,7	- 1,5109	- 57,1727				

Рис. 19. Часть таблицы звездного каталога 1965 года

Не в последнюю очередь заботясь о престиже своих стран, они тем не менее понимали, что такая огромная по значению и объему работа не могла бы завершиться без широкого международного сотрудничества. В настоящее время благодаря существованию этих двух звездных каталогов стало возможным сравнительно легко и точно определять положения комет и малых планет.

В 1921 году было решено издать исправленный каталог AGK, причем с использованием фотографического метода наблюдений. Фирма «Карл Цейс» разработала конструкцию фотографического телескопа с объективом диаметром 16 сантиметров и фокусным расстоянием 206 сантиметров. Фотографирование и измерения небесной полусферы от круга склонений — $2,5^\circ$ до Северного полюса мира производились на обсерваториях в Бонне и Гамбурге. В использовавшейся фотокамере отрезок на пластинке в 1 миллиметр соответствовал угловому расстоянию $100''$ на небе. Всего потребовалось 1939 квадратных пластинок размером 16×16 сантиметров.

Прежде всего ставилась цель закончить работу как можно в более сжатые сроки. Работа завершилась изданием в 1958 году 2-го каталога Немецкого астрономического общества (каталога AGK 2). С 1960 года было предпринято повторное фотографирование северного неба с помощью той же самой фотокамеры, и в 1975 году издан 3-й каталог звезд северного неба Немецкого астрономического общества (каталог AGK 3). Наличие снимков одних и тех же участков неба, полученных в разные эпохи, позволило измерить собственные движения звезд. Было из-

дано 8 томов, которые включают данные о 183 173 звездах. Кроме того, к каталогу приложена магнитная лента с записью результатов расчетов на ЭВМ, содержащая информацию об изменениях положений звезд со временем.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОГО ПОЛОЖЕНИЯ КОМЕТЫ

Существуют два метода определения положения небесного объекта, применяемых на обсерваториях. В первом из них используется микромасштабная шкала, помещаемая в фокальной плоскости окуляра телескопа. При этом определяют угловое расстояние от кометы, например, до звезды, а также угол между отрезком, соединяющим комету и звезду, и некоторым фиксированным направлением¹⁸. Этот метод удобен при близком расположении двух небесных тел, когда они оба одновременно видны в поле зрения со специальной градуировкой.

Когда же в поле зрения опорная звезда отсутствует, используют метод, основанный на поиске опорной звезды, имеющей почти то же склонение, что и комета, но находящейся несколько восточнее или западнее нее. В данном случае положение телескопа фиксируется, и вследствие суточного вращения Земли в поле зрения телескопа проходят поочередно комета и опорная звезда.

¹⁸ В качестве последнего обычно принимается направление от звезды на Северный полюс мира. — *Прим. ред.*

Разница во времени между прохождением этих двух небесных тел как раз и будет равна разнице их прямых восхождений. Угловое расстояние между ними по склонению измеряется с помощью микромасштабной шкалы окуляра.

Поскольку комета представляет собой движущийся относительно звезд объект, необходимо фиксировать время измерений с точностью до секунды. Проведя такие измерения несколько раз, можно вычислить среднюю величину. Поскольку при любых измерениях всегда имеются определенные погрешности, никогда не следует ограничиваться одним измерением, нужно выполнить такие измерения по крайней мере три раза. Результаты последовательных измерений, как правило, не совпадают (имеется некоторый «разброс»). Усредненная же величина приближается к истинной тем сильнее, чем больше число повторных измерений. Однако при наблюдениях за кометой мы не всегда располагаем свободным временем для повторных измерений: из-за окончания времени ночных наблюдений, а также вследствие того, что комета уходит за горизонт, и т. п.

Положение кометы определяют и с помощью фотографирования с последующим измерением расстояний на фотопластинке. Вследствие смещения кометы за время фотографирования ее изображение на пластинке может получиться сильно вытянутым, и поэтому желательно как можно более короткое время экспонирования. При этом время начала и конца фотографирования следует точно фиксировать.

Комета является протяженным небесным

объектом, и поэтому при ее фотографировании желательно применять светосильные линзы, то есть с небольшим отношением фокусного расстояния к диаметру. Однако при существующих требованиях к точности измерений положения кометы необходимо, чтобы фокусное расстояние было все-таки достаточно большим. Так, например, при линзе с фокусным расстоянием 1 метр отрезок на пластинке в 1 миллиметр будет соответствовать угловому расстоянию на небе $200''$. Чтобы получить точность определения положения кометы в $1''$, необходимо производить измерения на пластинке с точностью до 5 микрометров. При линзе с фокусным расстоянием 20 сантиметров отрезок в 1 миллиметр на пластинке соответствует $1000''$ на небе, и если нужна точность в $1''$, то необходимо измерять расстояние на пластинке с точностью до 1 микрометра. Отсюда можно сделать вывод, что в инструментах для наблюдения за кометами необходимы линзы с фокусным расстоянием по крайней мере 50 сантиметров или более и притом достаточно светосильные.

На фотопластинке, помимо изображения кометы, будут получены изображения многих звезд, и в качестве опорных следует выбрать те из них, которые непосредственно окружают комету. Таких звезд нужно выбрать по крайней мере три, а если есть время для измерений и расчетов, то и больше. Однако поскольку при обнаружении кометы желательно как можно быстрее определить наблюдаемое ее положение на небе, трудно найти время для более тщательных измерений.

Соединив три опорные звезды линиями, получим треугольник, внутри которого должна находиться комета. При этом следует выбирать опорные звезды так, чтобы комета находилась как бы «в центре тяжести» треугольника. В идеале желательно подобрать звезды таким образом, чтобы они по возможности образовали правильный треугольник, хотя подобная конфигурация, естественно, может получиться не всегда.

Выбрав опорные звезды и отметив их кружочками на стекле фотопластинки, далее используют измерительный прибор, состоящий из передвигающейся во взаимно перпендикулярных направлениях рамки, в которой закрепляется пластинка, и микроскопа. Этот микроскоп обладает небольшим увеличением, примерно в 20—30 раз, и имеет в центре поля зрения визирный крест. Совмещая последний поочередно с центрами изображений кометы и опорных звезд, производят рассечение («биссекционирование») этих изображений, что является весьма тонким и ответственным моментом в проведении измерений. Величина перемещения рамки с пластинкой регулируется точным винтовым устройством, позволяющим считывать показания координат до 0,001 миллиметра.

Таким образом осуществляется измерение взаимного расположения кометы и опорной звезды на фотопластинке в прямоугольных координатах. Поскольку изображение кометы, видимое в микроскоп, является нерезким, определение его центра оказывается нелегкой задачей. Особенно сложно выполнить измерения растянутого изображения кометы, когда у нее отсутствует четкое центральное

ядро. Приходится много раз производить «биссецирование» с помощью визирных линий, и в последнее время был изобретен целый ряд приспособлений, позволяющих осуществлять «биссецирование» автоматически.

Взяв экваториальные координаты опорных звезд из звездного каталога, можно вычислить соотношения этих величин и прямоугольных координат на пластинке и получить соответствующие коэффициенты для данной пластинки. С помощью таких коэффициентов можно рассчитать экваториальные координаты кометы по измеренным в прямоугольных координатах ее угловым расстояниям от опорных звезд.

Заметим в заключение, что в расчетах координат существенную помощь могут оказать как карманные микрокалькуляторы, так и более крупные ЭВМ.

РАСЧЕТ ОРБИТЫ КОМЕТЫ

Если удалось провести наблюдения трех положений кометы, можно выполнить первый расчет ее траектории, причем лучше всего, если моменты этих трех наблюдений значительно различаются. Однако это требование вступает в противоречие с необходимостью определить орбиту кометы как можно в более короткий срок. Определение первого положения кометы (когда она только что обнаружена) производится при помощи зарисовок, не обеспечивающих, естественно, высокой точности, в результате чего первые расчеты орбиты почти наверняка будут далекими от реальности. При быстром

движении кометы расчет ее орбиты облегчается, поскольку здесь меньше сказываются ошибки отдельных измерений наблюдаемых положений кометы.

По своей форме орбита кометы весьма вытянута, что отличает ее, например, от орбиты планеты. Поэтому в первом пробном расчете можно принять, что орбита кометы параболическая. Еще Кеплер установил, что орбиты небесных тел, вращающихся вокруг Солнца, представляют собой кривые второго порядка, а Солнце находится в одном из фокусов этих кривых. Кривые второго порядка получаются при пересечении конуса плоскостью в различных направлениях (рис. 20).

Так, линия пересечения поверхности конуса плоскостью, параллельной его основанию, представляет собой окружность. При разрезе конуса плоскостью, слегка наклоненной к основанию, получается эллипс. При увеличении наклона получаем кривые пересечения более сложного характера. Когда секущая плоскость параллельна одной из

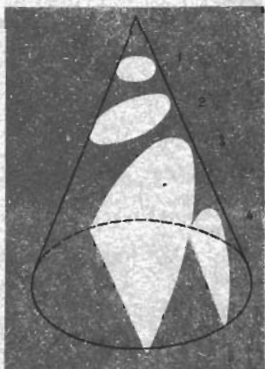


Рис. 20. Образование кривых второго порядка при пересечении конуса плоскостями: 1 — окружность; 2 — эллипс; 3 — парабола; 4 — гипербола

образующих конуса, в сечении получается парабола, а при еще большем наклоне секущей плоскости к основанию — гипербола.

Обозначим через a величину большой полуоси эллипса, а через q — расстояние от точки эллипса, ближайшей к точке фокуса F , до самого фокуса. Отношение разности между a и q к величине a носит название эксцентриситета (рис. 21): $e = (a - q)/a$. Эксцентриситет окружности равен нулю, эксцентриситет же вытянутого эллипса может быть весьма велик. Эксцентриситет параболы равен единице, а эксцентриситет гиперболы больше единицы.

Определение орбиты небесного тела состоит в нахождении шести числовых величин — элементов орбиты. Три из них показывают, в каком направлении в космическом пространстве движется небесное тело. Еще две величины определяют форму и размеры орбиты, и, наконец, последняя указывает, в какой точке своей орбиты находится тело в данный момент. Форма орбиты определяется ее эксцентриситетом e . Если известно, что орбита параболическая, то $e = 1$, и одной из неизвестных величин становится меньше.

Представление о размерах орбиты дает величина a . В случае параболической орбиты a является бесконечно большой величиной, и тогда размеры орбиты можно охарак-



Рис. 21. Схема, поясняющая определение эксцентриситета эллипса

теризовать перигелийным расстоянием q . В случае эллиптической орбиты его можно определить по формуле $q=a(1-e)$. Единицей для измерения a и q служит астрономическая единица расстояний, равная среднему расстоянию между Землей и Солнцем.

Орбита любого небесного тела, вращающегося вокруг Солнца, целиком расположена в одной плоскости, носящей название плоскости орбиты (рис. 22), причем Солнце обязательно располагается в этой плоскости. Плоскость орбиты Земли совпадает с плоскостью эклиптики и пересекается с плоскостями орбит других небесных тел под некоторыми углами. Угол между плоскостью ор-

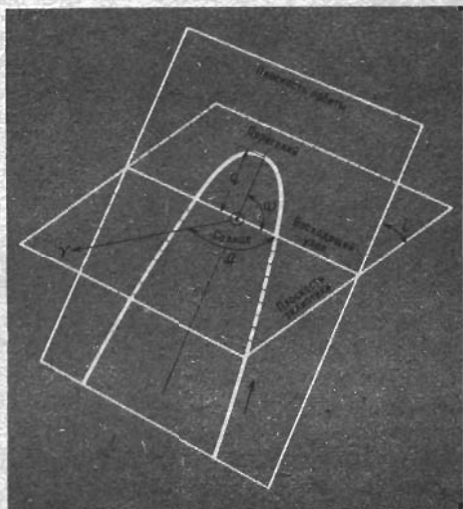


Рис. 22. Элементы орбиты (стрелкой указано движение небесного тела по орбите)

биты небесного тела и плоскостью эклиптики носит название угла наклона орбиты i .

Точка, в которой небесное тело пересекает плоскость эклиптики при движении из Южной полусферы неба в Северную, носит название восходящего узла. Точка же, в которой небесное тело пересекает эту плоскость при движении из Северной полусферы неба в Южную, называется нисходящим узлом. Угол между направлением на точку весеннего равноденствия и направлением на восходящий или нисходящий узел называется долготой узла орбиты небесного тела. При этом долгота восходящего узла обозначается знаком Ω , а долгота нисходящего узла — обозначается ϖ .

Положение плоскости орбиты небесного тела в пространстве определяется двумя величинами — i и Ω . На то, как эта орбита ориентирована в своей плоскости, указывается величиной ω — углом между направлениями на восходящий узел и на точку перигелия.

Таким образом определяются все особенности орбиты в целом. Чтобы рассчитать, в какой точке орбиты должно находиться небесное тело в некоторый момент времени, используется величина t_0 — время, прошедшее с момента прохождения небесным телом точки перигелия. Зная t_0 , можно на основании законов Кеплера рассчитать положение тела на орбите в любой момент времени.

Кроме того, в качестве вспомогательных величин применяются среднее суточное движение ¹⁹ n , период обращения P и долгота

¹⁹ Об этом параметре см. с. 298.

точки перигелия — все они легко вычисляются с помощью только что рассмотренных шести элементов орбиты.

При наблюдении небесного тела можно определить его эклиптические координаты, но нельзя непосредственно измерить расстояние тела от Солнца или от Земли. Определение орбиты небесного тела, в сущности, сводится к определению расстояний до него в разные моменты времени. Прежде всего производят расчет положений Земли в пространстве на моменты трех проведенных наблюдений. Затем, задав некоторую величину расстояний между кометой и Землей на момент второго наблюдения, с помощью законов Кеплера вычисляют расстояния между Землей и кометой на моменты первого и третьего наблюдений. Наконец, произведя расчет эклиптических координат кометы на моменты первого и третьего наблюдений, сравнивают полученные данные с результатами действительных наблюдений.

Если обозначить величины, полученные в результате наблюдений, через O («обсерватус»), а величины, полученные в результате расчетов, через C («компутатус»), то, вероятно, разница $O - C$ не будет равна нулю. Если повторить указанные расчеты, слегка изменив задаваемую величину расстояния, то, очевидно, вновь полученная величина разности $O - C$ будет отличаться от предыдущей. При дальнейшем изменении величины предполагаемого расстояния можно добиться, чтобы величина разности $O - C$ стала близка к нулю. Подобный метод постепенного приближения к истинной величине искомого параметра носит название

метода последовательных приближений и довольно широко применяется в астрономии.

Когда величина разности $O-C$ станет незначительно отличаться от нуля, можно считать, что орбита кометы вполне определена. Теперь необходимо произвести расчет будущих положений кометы, что позволило бы планировать дальнейшие ее наблюдения. Обычно при этом выясняется, что величина разности расчетных и фактически наблюдаемых положений кометы (то есть $O-C$) со временем возрастает. В таком случае, используя результаты новых наблюдений, вносят поправку в расчеты орбиты. Поскольку на этот раз результаты наблюдений охватывают более длительный период, то очевидно, имеется возможность более точно рассчитать орбиту кометы.

Чтобы при определении орбиты кометы быстро выяснить, насколько нужно изменить первоначально заданную предположительную величину расстояния в следующем приближении, требуются необходимый опыт и сноровка. Опытные и искусные в этом деле люди, если они имеют дело с не очень сложным случаем расчета орбиты, могут достичь цели, так сказать, с четвертого захода. Для неискушенных людей даже весьма многочисленные новые приближения могут и не позволить получить оптимальную величину разности $O-C$. Безусловно, что применение современных ЭВМ позволяет получать необходимый результат без особых затруднений.

Часто, предположив орбиту кометы параболической, вы обнаруживаете, что величина разности $O-C$ начинает увеличиваться со

временем при продолжительном периоде наблюдений. В этом случае необходимо произвести тщательный перерасчет орбиты. С этой целью надо внимательно проверить результаты наблюдений положений кометы, исключив возможность больших ошибок. Кроме того, желательно внести необходимые поправки, учитывающие, что наблюдения производились с поверхности Земли, то есть привести результаты к такому виду, как если бы наблюдения производились из центра Земли. Нелишне также учесть возможное влияние на движение кометы со стороны притяжения Земли и крупных планет. Возможно, что в результате проделанной работы вы придете к выводу, что имеете дело либо с сильно удлиненной эллиптической орбитой с эксцентриситетом, близким к единице, либо с гиперболической орбитой, эксцентриситет которой больше единицы.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ОБ ОРБИТАХ КОМЕТ

Из почти 2000 всех замеченных на протяжении истории комет орбиты рассчитывались примерно для 970. К настоящему времени составлено несколько каталогов кометных орбит. Следует, однако, отметить, что во всех этих изданиях имеются серьезные недостатки: включены данные, либо основанные на недостаточно тщательных расчетах, либо не обладающие общей единой системой. Подготовленный к печати в 1970 году и опубликованный в 1972 году каталог кометных орбит Марсдена из Центрального бюро

астрономических телеграмм был создан с использованием современной вычислительной техники. Марсденом были перепроверены старые расчеты орбит, и его каталог является наиболее безупречным из подобных изданий.

В 1975 году каталог Марсдена вышел вторым изданием. Согласно его данным, на март 1975 года было известно 625 комет с рассчитанными орбитами. Из них 102 кометы являются короткопериодическими, то есть с периодами обращения, не превышающими 200 лет, 155 комет имеют эллиптические, 283 кометы — параболические и 85 комет — гиперболические орбиты²⁰.

У комет с гиперболическими орбитами эксцентриситеты лишь немного больше единицы. Расчеты показывают, что многие кометы с гиперболическими и параболическими орбитами первоначально обладали сильно вытянутыми эллиптическими орбитами, но изменили характер своего движения в результате сильных возмущений из-за притяжения большими планетами.

На рис. 23 показано статистическое распределение комет по их перигелийным расстояниям. Большое число комет с перигелием в пределах 1 а. е. объясняется большей вероятностью их обнаружения на небе вследствие приближения их к орбите Земли. При увеличении перигелийного расстояния, начи-

²⁰ В 1979 году вышло третье издание каталога Марсдена, где приводятся сведения о рассчитанных орбитах 659 комет. Из них 114 являются короткопериодическими, 162 кометы имеют эллиптические, 285 комет — параболические, 98 комет — гиперболические орбиты. — *Прим. ред.*

Рис. 23. Распределение комет по перигелийным расстояниям

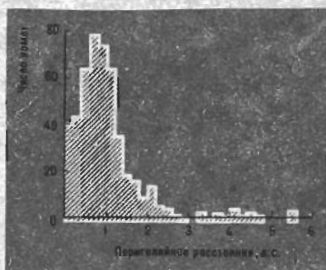
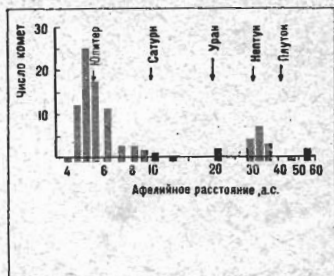


Рис. 24. Распределение комет по афелийным расстояниям



ная примерно с 3 а. е., число известных комет резко снижается, поскольку такие кометы трудно обнаружить из-за большого расстояния и слишком малой яркости. В будущем с помощью более мощной наблюдательной аппаратуры может быть открыто много комет с гораздо большими перигелийными расстояниями.

На рис. 24 приведено статистическое распределение короткопериодических комет в зависимости от их афелийных расстояний $a(1+e)$. На горизонтальной оси для сравнения показаны в логарифмическом масштабе величины среднего расстояния от Солнца крупных планет, как, скажем, Сатурн и Юпи-

Рис. 25. Распределение долгопериодических комет по наклонениям их орбит

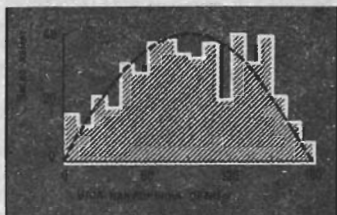
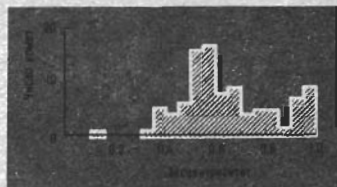


Рис. 26. Распределение короткопериодических орбит по эксцентриситетам



тер. Предполагается, что положение афелия комет сильно зависит от этих планет. Поэтому-то применительно к короткопериодическим кометам используют выражения типа «комета семейства Юпитера» или «семейства Урана» или «семейства Нептуна».

Рис. 25 показывает статистическое распределение долгопериодических комет в зависимости от величины угла наклона их орбиты. Кривой линией показано теоретическое распределение углов наклона при равновероятном распределении плоскостей орбит в пространстве. Очевидно, что наблюдаемое распределение углов наклона орбит долгопериодических комет в основном близко к этой кривой. Явное отклонение в районе около 130° пока не имеет удовлетворительного объяснения. С другой стороны, следует отметить, что углы наклона орбит короткопериодических комет сосредоточены где-то ниже 40° . Полагают, что такая близость

комета с эксцентриситетом, близким к 0,1, то есть с орбитой, очень близкой к окружности. Это комета Швассмана — Вахмана I (о ней еще будет сказано дальше), которая обладает весьма близкой к окружности орбитой вокруг орбиты Юпитера.

На рис. 27 наглядно представлены орбиты короткопериодических комет. В центре изображено Солнце. Жирной внутренней окружностью изображена орбита Земли, внешней жирной окружностью — орбита Юпитера. Орбиты комет показаны тонкими линиями, причем часть орбиты, нарисованная пунктирной линией, располагается ниже плоскости эклиптики, а часть орбиты, показанная сплошной линией, — выше плоскости эклиптики. Распределение орбит комет в пределах Солнечной системы не отличается равномерностью, можно отметить ряд поясов уплотнения. Совершенно исключительной является плотность орбит на эклиптической широте 0° и эклиптической долготе 120° на расстоянии 2 а. е. от Солнца.

СТРОЕНИЕ КОМЕТЫ

Итак, мы получили определенные представления о характере движения комет. Теперь нам необходимо узнать, так сказать, их «лицо», уточнить внутренне присущие им свойства, их особенности. Для этого потребовалось провести целый ряд наблюдений, определив сначала первичные, внешние признаки кометы — ее яркость, цвет, форму.

Затем надо было также провести наблюдения с помощью спектроскопов и различных светофильтров для разделения света кометы на отдельные цвета и более подробного их изучения. Следует отметить, что эти так называемые физические наблюдения комет в отличие от наблюдений положений комет ведутся сейчас недостаточно еще активно. Поскольку свет, излучаемый кометами, очень слаб, а время наблюдения обычно невелико, условия для физических наблюдений комет, как правило, неблагоприятны.

Рис. 28 дает представление о том, как обычно выглядит комета. В первом приближении ее можно разделить на голову и хвост. В голове, в свою очередь, различают ядро — центральное сгущение яркости, а также окружающую ядро кому, которую можно уподобить «волосам» вокруг головы. Хвост кометы обычно состоит из двух составляющих — хвоста I типа и хвоста II типа, которые сильно отличаются друг от друга по своим свойствам. Можно сказать, что особенности кометы в значительной степени определяются особенностями ее хвоста.

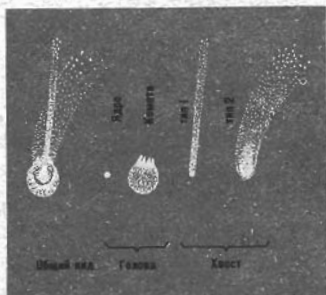


Рис. 28. Строение кометы

Центральная часть головы кометы достаточно яркая. К периферии яркость постепенно спадает, и голова кометы сливается с фоном неба, причем без какой-либо отчетливо различимой границы. Яркую центральную часть головы называют центральным сгущением, а наиболее ярко светящуюся точку внутри сгущения — ядром кометы. Существуют кометы, у которых не наблюдается ни центрального сгущения яркости, ни ядра. В таком случае точность измерения положений кометы сильно снижается, и расчет орбиты кометы становится затруднительным.

Ядро, как правило, является очень яркой точкой, и поэтому при фотографических наблюдениях оно остается отчетливо заметным на фоне светящейся головы кометы. А если увеличить кратность увеличения телескопа, то ядро доступно и для визуальных наблюдений. Хотя ядро иногда и воспринимается как кружок конечных размеров, при наблюдении в крупный телескоп оно все же выглядит точечным. Очевидно, это говорит о том, что ядро кометы по своим размерам ниже разрешающей способности телескопов, а его фактический диаметр, по-видимому, не превышает нескольких километров.

Мы уже упоминали о явлении разделения ядра, когда говорили о комете Икейя — Секи. Видимо, прародительница кометы Икейя — Секи была исключительно крупной кометой. Можно предположить, что сначала от кометы отделились дочерние кометы, а от них, в свою очередь, — «внучки» и «правнуч-

ки». Ядро кометы Веста 1975n, о которой говорилось в первой главе книги, в начале марта 1975 года разделилось на четыре части, расстояние между которыми начало постепенно увеличиваться. В апреле 1975 года были еще видны три новые кометы. Новые ядра удалялись друг от друга со скоростью примерно 10 метров в секунду.

Нечто похожее произошло с кометой Тэйлора 1918 года: ее ядро разделилось на двое, и одно из новых ядер наблюдалось до конца марта 1918 года, а второе — даже до конца того же года. Эти обособившиеся ядра образовали кометы Тэйлора А и В, для которых были рассчитаны самостоятельные орбиты. Однако в последующем они часто не наблюдались в рассчитанное время прохождения перигелия и на долгое время исчезали в неизвестном направлении. В наши дни благодаря использованию вычислительной техники стал возможным более точный учет влияния возмущений орбит притяжением больших планет. Основываясь на результатах новых расчетов, Ковар, используя 122-сантиметровую камеру Шмидта обсерватории Маунт-Паломар, в начале 1977 года, то есть через 60 лет, переоткрыл маленькую комету, являющуюся, как полагают, ядром В кометы Тейлора.

С одной стороны, имеются кометы без отчетливого ядра, но с другой — существуют также кометы, у которых ярко светится одно лишь ядро, а окружающие его частицы газа почти совершенно не наблюдаемы. Такое небесное тело, подобное комете Неумина I, очень трудно отличить от астероида. Обладавший острым зрением Барнард у нее

выявил в свой рефлектор диаметром 91 сантиметр газовую атмосферу по излучению его очень слабого света, и поэтому отнес это небесное тело к кометам. Обнаруженная в 1951 году комета Аренда — Риго в момент открытия представляла собой диффузный объект, обладавший ядром, однако затем во время прохождения перигелия окружавшая ядро газовая оболочка перестала различаться, и видимым осталось только ядро.

Среди астероидов также имеются объекты (так называемые «гидальго»; о них будет сказано позже), которые похожи на кометы, если судить только по форме их орбиты. Однако поскольку при наблюдении в крупный телескоп не было отмечено наличия в них газовых частиц, такие небесные тела относят к астероидам.

Существование частиц газа, образующих кому, является решающим признаком при отнесении небесного тела к кометам. Очень часто кома кометы, находящейся на большом расстоянии от Солнца, почти совершенно не видна, однако при приближении кометы примерно на расстояние 3 а. е. к Солнцу она становится видимой. Часто внешние контуры ее не очень ясно различимы, угловой диаметр составляет порядка 2—3'.

Если определено расстояние до кометы, можно рассчитать и ее фактический диаметр. Согласно таким расчетам средний диаметр комы равен примерно 100 000 километров, а наибольший из известных до сих пор — 180 000 километров. Для сравнения можно напомнить, что диаметр Солнца составляет около 1 400 000 километров, а

диаметр Земли — около 13 000 километров, так что кометы представляют собой небесные тела довольно крупных размеров. Нередко наблюдается такое явление: по мере приближения кометы к Солнцу кома уменьшается в размере, а после прохождения перигелия и по мере удаления от Солнца снова увеличивается.

При спектральном анализе света комы с помощью спектрографа выясняется, что, пока комета находится далеко от Солнца, различим только сплошной спектр, обусловленный рассеянием солнечного света на твердых частицах. При приближении кометы к Солнцу на расстояние около 3 а. е. в спектре комы становится видимой светлая голубая полоса, характерная для молекулы циана (CN). Такие эмиссионные полосы обусловлены уже свечением самого газа. При приближении кометы к Солнцу на расстояние около 2 а. е. в спектре появляются эмиссионные полосы молекул углерода и некоторых других нейтральных молекул. Видимо, с приближением кометы к Солнцу начинается испарение газов с поверхности ядра под воздействием тепла, что и приводит к образованию комы. Вместе с испаряющимися газами от ядра отделяются и твердые частицы.

Когда комета подходит к Солнцу на достаточно близкое расстояние, количество поглощаемой ею энергии солнечного излучения возрастает настолько, что начинается распад (диссоциация) молекул газа, выделяемого из ядра. По мере дальнейшего приближения кометы к Солнцу этот процесс разрушения молекул становится все более

активным, вследствие чего кома и выглядит меньшей в размерах.

Хотя кома крупной кометы выглядит весьма яркой, фактически она представляет собой довольно разреженный газ. В своем движении комета иногда проходит на фоне звезд, и при этом звезды, находящиеся за кометой, почти совершенно не затмеваются. Можно вспомнить случай, когда в 1910 году комета Галлея прошла между Землей и Солнцем, и, когда комета проецировалась на Солнце, ее совершенно не было видно. Все это доказывает, что кома представляет собой исключительно разреженное газообразное тело.

ХВОСТ КОМЕТЫ

Хвост кометы, в сущности, является ее главным определяющим признаком, так сказать, ее символом. Еще в древние времена в Китае был известен тот факт, что хвост кометы направлен в противоположную от Солнца сторону. В записях, относящихся к 837 году, это описано так: «При появлении кометы на рассвете ее хвост направлен на Запад, при ее появлении вечером хвост направлен на Восток». Между прочим, речь здесь идет о наблюдении кометы Галлея. В 1540 году австриец Апиан на основании собственных наблюдений сделал заключение такого же рода, указав, что хвост кометы направлен в диаметрально противоположную сторону от Солнца.

Таким образом, при приближении крупной кометы к Солнцу впереди располагается го-

лова кометы, а хвост тянется сзади. При прохождении перигелия хвост кометы делает как бы круговое движение и меняет свое направление, так что при удалении кометы от Солнца движение кометы выглядит довольно странным: впереди, по ходу ее движения, располагается хвост, а голова с ядром и комой движутся вслед за ним (рис. 29).

Существуют две основные разновидности кометных хвостов: узкий прямой хвост, направленный в прямо противоположную от Солнца сторону, и широкий, веерообразный хвост, изогнутый в своей начальной части. Первая разновидность называется хвостом I типа, он состоит из газообразного вещества; вторая — хвостом II типа, он состоит из мельчайших пылевидных частиц.

Эта классификация кометных хвостов была введена русским ученым Ф. А. Бреди-

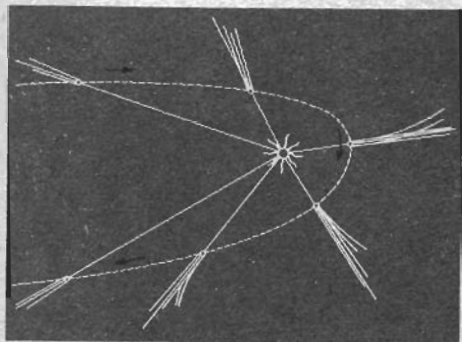


Рис. 29. Изменение направления хвоста кометы по мере ее движения (указано стрелками) по орбите

хиным в 1903 году²². Как он считал, газы и твердые частицы, выделившиеся из ядра кометы, под влиянием давления солнечного света (лучистое давление) уносятся в противоположную от Солнца сторону. Эта сила направлена в сторону, противоположную направлению силы притяжения Солнца, то есть оказывает противодействие последней.

Поскольку и сила лучистого давления, и сила гравитационного притяжения изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца, то отношение этих сил не зависит от этого расстояния. С другой стороны, сила притяжения пропорциональна массе частицы, а сила лучистого давления — площади сечения частицы и, следовательно, сила притяжения пропорциональна кубу радиуса частицы, тогда как сила лучистого давления — только квадрату радиуса. Значит, чем меньше частицы, тем большую роль для них играет давление света по сравнению с гравитационным притяжением Солнца, тем легче они выметаются в противоположную от Солнца сторону.

Выбрасываемые из головы кометы мелкие твердые частицы, подвергаемые наибольшему воздействию давления света, выметаются далеко от ядра, более же крупные частицы задерживаются силой гравитации Солнца и рассеиваются, образуя полосу из частиц в плоскости орбиты кометы. Пылевые части-

²² По классификации Бредихина имеется еще одна разновидность хвоста кометы (III тип): прямой хвост, направленный не прямо в противоположную сторону от Солнца, а заметно отклоненный в сторону, противоположную направлению движения кометы. — *Прим. ред.*

цы различной величины, выбрасываемые в один и тот же момент времени, располагаются вдоль различных кривых, называемых синхронами (то есть кривыми одновременно выброса). Частицы же, имеющие одинаковую массу и последовательно выбрасываемые из ядра в течение какого-то времени, располагаются вдоль кривой, называемой синдиной (то есть кривой одинаковой силы). Полагают, что хвост II типа у комет формируется на основе синдин ²³.

Для хвостов II типа характерны желтый и красный цвета (с большей длиной волны). В хвостах I типа просматриваются облачные образования голубого цвета, удобного для фотографирования, однако эти образования очень нестационарны. Они с большой скоростью покидают голову кометы, уходя далеко в хвост. Сравнение двух снимков, сделанных с интервалом в несколько десятков минут, указывает на то, что скорость облачных образований может иногда превышать 200 километров в секунду.

Исследование хвоста кометы с помощью спектрографа позволяет получить представление о составе и состоянии содержащегося там вещества, однако, поскольку хвост является слабо светящейся частью кометы, обладающей, к тому же, большими размерами, фотографирование его спектра довольно затруднительно.

Спектр излучения хвоста II типа сплошной, подобно солнечному, поскольку твердые частицы светят отраженным светом

²³ Хвост III типа формируется на основе синхрон. — Прим. ред.

Солнца. В спектре же хвоста I типа наблюдаются яркие эмиссионные полосы, свидетельствующие о газообразном состоянии находящегося там вещества. Мы уже упоминали о том, что кома также состоит из газообразного вещества, однако молекулярный состав хвоста отличается от состава комы. Видимый нами хвост кометы обусловлен излучением ионов окиси углерода (CO^+), которые дают яркие эмиссионные полосы в области спектра от зеленого до фиолетового цветов. Их обычно обнаруживают первыми в спектре хвоста кометы, за что они получили название «хвостовых полос». Кроме того, в спектрах кометных хвостов наблюдаются полосы ионов азота (N_2^+), гидроксила (OH^+), двуокиси углерода (CO_2^+) и другие. В последнее время обнаружены и полосы ионов водяного пара (H_2O^+).

При наличии одних только положительно заряженных ионов в хвосте кометы их взаимное отталкивание не позволило бы хвосту сохранить свою форму. Однако в хвосте имеются и отрицательно заряженные частицы, электроны, и в целом хвост, по-видимому, состоит из электрически нейтрального газа. Газ, в котором существуют отрицательно и положительно заряженные частицы, носит название плазмы. Концентрация ионов и электронов в хвосте благодаря его огромным размерам незначительна, и поэтому столкновение этих противоположно заряженных частиц, ведущее к их взаимной нейтрализации, происходит редко, и газ может длительное время находиться в плазменном состоянии.

Под действием сильного ультрафиолетово-

го излучения Солнца молекулы газа, образующие кому, распадаются на положительные ионы и отрицательные электроны (это явление носит название фотоионизации) и в таком заряженном виде поступают в хвост кометы.

В 1950 году немецкий ученый Бирман, изучая вопрос о наблюдаемых быстрых движениях сгустков вещества в кометных хвостах I типа, высказал предположение о том, что соответствующее ускорение обусловлено воздействием корпускулярных потоков, идущих от Солнца, на ионы молекул, содержащихся в комете. Корпускулы, испускаемые Солнцем, являются ионами водорода H^+ и электронами, а придают они ускорение ионам окиси углерода (CO^+), находящимся в хвосте кометы. Испускаемая Солнцем водородная плазма носит название солнечного ветра, который обладает огромной скоростью, порядка 500 километров в секунду, и распространяется в Солнечной системе до расстояний 50—100 а. е.

Пока комета находится на большом удалении от Солнца, хвост ее не видим, он «возникает» (сначала очень короткий) при приближении кометы к Солнцу на расстояние примерно 3 а. е. Он обычно становится очень большим при вхождении кометы в пределы орбиты Земли. Однако бывает и так, что комета, фактически имеющая длинный хвост, из-за особого ее расположения между Солнцем и Землей видна как комета с коротким хвостом.

Самым длинным хвостом обладала комета 1843 I, его длина составляла около 300 миллионов километров, то есть около 2 а. е.

Угловой размер хвоста у кометы Галлея в 1910 году был 125° : хвост начинался у горизонта на западе и простирался через зенит вплоть до восточной стороны неба. Его фактическая длина составляла 140 миллионов километров, то есть немногим меньше 1 а. е.

Удивительное зрелище представляла собой

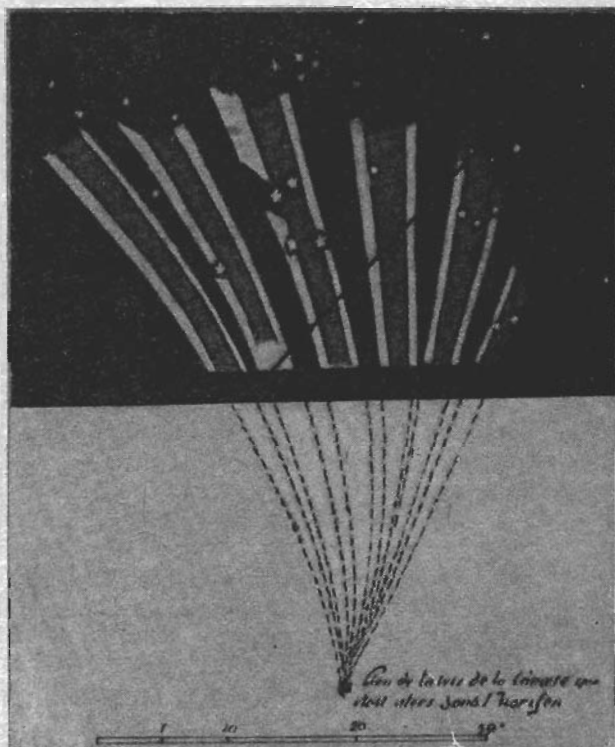


Рис. 30. Зарисовка хвостов большой кометы, наблюдавшейся в 1744 году

большая комета 1744 года, распутившая над линией горизонта свой широкий веерообразный хвост с шестью лучами. На рис. 30 воспроизводится зарисовка этого явления. Наиболее короткий луч этого кратного хвоста, он первый справа, относится к хвосту I типа. Остальные пять лучей — это хвосты II типа, форма которых соответствует синдинамам — каждый из них образован выбросом частиц определенного размера из ядра кометы.

Форма хвоста определяется распределением частиц вдоль синхрон или синдинам в плоскости орбиты. С поверхности же Земли хвост кометы не обязательно виден таким, каков он есть на самом деле. Например, когда Земля проходит плоскость орбиты кометы, хвост II типа может выглядеть с Земли как узкий луч, направленный в сторону Солнца (так называемый аномальный хвост. — *Прим. ред.*).

ИЗМЕНЕНИЯ ЯРКОСТИ КОМЕТ

Характеризуя яркость кометы, следует сказать отдельно о яркости ее ядра и яркости комы. Яркость ядра может быть измерена вполне определенно, что же касается комы, то величина ее яркости, определяемая из наблюдений, может сильно варьироваться в зависимости от характеристики линз телескопа и условий наблюдения. Излучаемый комой свет слаб и распределен около ядра в некоторой протяженной области с нерезкими контурами. Он наблюдается на фоне неба, и это тоже приводит к значительным ошибкам в измерениях.

Излучение комы — это отраженный и рас-

сеянный частицами пыли и газа солнечный свет, к которому добавляется свет, излучаемый самими частицами газа. Количество отраженного или рассеянного света обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца, количество же выбрасываемой массы газа и пылевых частиц из ядра зависит от величины получаемой от Солнца энергии, то есть также должно быть обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца. Все это должно дать зависимость света, излучаемого кометой, обратно пропорциональную от четвертой степени расстояния от Солнца. Яркость кометы при наблюдении с Земли определяется еще одним фактором: она изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния кометы от Земли.

Однако при рассмотрении фактической яркости большого числа комет выяснилось, что не все так просто и определено. Рассмотрим ситуацию, когда комета находится на одинаковом расстоянии от Солнца и от Земли, скажем, на расстоянии 1 а. е. В этом случае комета, Солнце и Земля будут представлять собой вершины равностороннего треугольника. Видимую яркость кометы в таких условиях называют абсолютной яркостью и используют для сравнительных оценок яркости различных комет.

Показатель степени, входящий в зависимость яркости кометы от ее расстояния от Солнца, для некоторых комет достигает не только четвертой, но даже и шестой степени²⁴. Оценку величины показателя степени

²⁴ Хотя среднее значение этого показателя для всех комет равно 3,3.— *Прим. ред.*

получают на основании результатов наблюдений видимой яркости кометы при различных ее расстояниях от Солнца. Если в результате определения расстояния кометы от Солнца вкрадывается ошибка, то может произойти (как это и случилось для кометы Когоутека) необоснованное предсказание необычайно яркой кометы.

Реальная яркость кометы не изменяется по простому степенному закону при движении кометы по орбите, а подвержена разнообразным вариациям, зависящим, в частности, от усиления или ослабления солнечной активности. Одна из важных задач для будущих исследований — постараться выяснить, находится ли яркость кометы в определенной зависимости от числа пятен на диске Солнца, а также от интенсивности солнечного ветра.

КИНЕМАТОГРАФИРОВАНИЕ ХВОСТА КОМЕТЫ

Во время появления кометы Когоутека 1973 f, помимо упомянутых наблюдений, с борта космической станции «Скайлэб» планировались также и различные программы наблюдения этой кометы с поверхности Земли. Одна из них предусматривала непрерывные наблюдения за изменениями, происходящими в хвосте кометы, с последующим перенесением результатов на киноплёнку.

Появившись вблизи горизонта на западной стороне неба, комета вскоре исчезает, поэтому сколь-нибудь продолжительные на-

блюдения за изменениями ее хвоста, естественно, нельзя осуществить на какой-то одной обсерватории. Желательно продолжить подобные наблюдения на другой обсерватории, расположенной несколько далее к западу. Для продолжительных и непрерывных наблюдений солнечной короны, например, использовались высокогорные обсерватории в США, Франции и Японии, отстоящие друг от друга по долготе примерно на 120° . Возможное время наблюдения кометы Когоутека на одной обсерватории было довольно коротким, и поэтому по сравнению с наблюдениями солнечной короны здесь особенно необходимой была последовательная передача эстафеты наблюдений с одного наблюдательного пункта на другой.

Инициатором кинематографирования процессов, происходивших в хвосте кометы Когоутека, стал Шмидт из Института астрофизики имени Макса Планка (ФРГ). При проведении наблюдений кометы, результаты которых послужили основой такого кинематографирования, осуществлялось широкое сотрудничество между наблюдательными центрами различных стран. На Американском материке использовались станции наблюдений, расположенные друг от друга с интервалом 50° по долготе. За пределами западного побережья основной территории США следовали станции наблюдений на Аляске, затем на Гавайях, а далее эстафета переходила к Японии.

В Японии для этих целей могла использоваться камера Шмидта на наблюдательной станции Дохэй Токийской обсерватории (рис. 31). Правда, следует отметить, что рас-



Рис. 31. Станция Дохэй Токийской обсерватории (поскольку для ночной съемки была выбрана длительная экспозиция, на фотографии прослеживается суточное движение звезд по небу)

стояние между Гавайскими островами и Японией слишком велико, 65° по долготе, и поэтому здесь имел место определенный разрыв в наблюдениях. Когда комета, наблюдаемая на станции Дохэй, приближалась к линии горизонта в западной части неба, наблюдения кометы могли продолжить на ракетном полигоне в префектуре Кагосима, где также имеется камера системы Шмидта. Далее предполагалось, что эстафету примут станции наблюдений в Китае, Индонезии и Индии, однако из-за погодных условий не все получилось так, как было задумано.

В результате непрерывного фотографирования кометы Когоутека в течение более 10 часов в полосе от США до Японии был смонтирован кинофильм, причем такой способ кинематографирования напоминал метод замедленной киносъемки. Поскольку оборудование, использованное на различных станциях наблюдений, не было стандартным, пришлось затратить немало труда, чтобы различные участки этого кинофильма соответствовали единому увеличению и одному и тому же уровню яркости неба, наблюдавшегося на различных станциях.

При просмотре готового фильма отчетливо просматривались такие явления, как постепенное отделение ярких сгустков от головы кометы и движение их в ее хвост, а также неравномерности обтекания кометы солнечным ветром. Все это представляет весьма ценные результаты наблюдений, которые нельзя было бы получить без международного сотрудничества. На основе подобных фильмов можно продолжить изучение воздействия солнечного ветра на хвост кометы.

В настоящее время исследование солнечного ветра осуществляется по его взаимодействию с искусственными небесными телами. Однако можно изучать солнечный ветер и на основе наблюдений хвостов комет. Кометы в этом смысле могут хорошо сыграть роль естественных зондов межпланетного космического пространства. Кометы, по существу, являются на настоящий момент единственным средством исследования тех участков космического пространства, которые труднодоступны для искусственных зондов (межпланетных станций). Это области, находящиеся на расстояниях свыше 2 а. е. от Солнца, а также расположенные далеко от плоскости эклиптики.

ЗАГАДОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ ЯРКОСТИ КОМЕТ

При проведении непрерывных измерений яркости кометы иногда отмечаются неожиданные резкие увеличения яркости, которые никак не предсказывались заранее. Так, например, комета Тутля — Джакобини — Кресака, относящаяся к семейству Юпитера и имеющая период обращения 5,5 года, в конце мая 1973 года проходила перигелий. До 27 мая эта комета имела 14-ю звездную величину, но вдруг резко увеличила свою яркость, до 4-й звездной величины, то есть примерно в 10 000 раз. Несколько суток спустя эта комета вновь приобрела прежнюю яркость. Однако с июля ее яркость возросла до 5-й звездной величины, а через 0,5 месяца опять возвратилась к прежнему уровню.

Обнаружено было и еще несколько подобных вариаций яркости у других комет. Проводились исследования возможной связи этого явления с изменением числа темных пятен на Солнце, но пока удовлетворительного ответа результаты этих исследований не дали ²⁵.

Бывали и случаи, когда «охотники за кометами», обнаружив новое небесное тело, похожее на комету, не могли вновь обнаружить его в следующую ночь. На обсерваториях, куда поступали такие сообщения, иногда удавалось заметить такие объекты, однако на следующие сутки они становились настолько слабыми, что их невозможно было увидеть в телескоп.

Для разрешения загадочных вспышек яркости комет желательно получить спектр кометы во время такой вспышки. К сожалению, до сих пор этого не было сделано.

КОМЕТА ШВАССМАНА—ВАХМАНА I

Как уже говорилось, эта комета выделяется среди периодических своей удивительно круговой орбитой. Последняя располагается между орбитами Юпитера и Сатурна, период же обращения кометы равен 15 годам. Расстояние от этой кометы до Земли изменяется не очень сильно, а поскольку, кроме того, ее расстояние от Солнца также

²⁵ Как показали исследования, вспышки яркости кометы Тутля—Джакобини—Кресака происходили вблизи пересечения кометой границ секторной структуры межпланетного магнитного поля.— *Прим. ред.*

практически не изменяется, комета всегда доступна наблюдениям.

Наблюдая эту комету, можно заметить довольно интенсивные изменения ее яркости. Обычно она наблюдается как объект 18-й звездной величины и выглядит маленьким световым пятном без ядра. Однако временами она вдруг увеличивает свою яркость до 12—13-й звездной величины. Такое возрастание яркости, более чем в 100 раз, происходит за какие-нибудь полсуток, взрывным образом. К тому же в это время становится видимым и ядро кометы.

Когда комета достигает момента наивысшей яркости, у нее формируется кома, которая постепенно увеличивается в размерах. По прошествии 10 суток кома становится очень большой и настолько прозрачной, что у кометы опять видно только центральное сгущение яркости. Характерно, что через некоторое время подобные же изменения яркости кометы происходят вновь, однако какой-либо периодичности при этом не наблюдается. Не удалось также точно установить, существует ли какая-либо связь наблюдаемого явления с периодами усиления или ослабления солнечной активности. Величина предельной яркости также бывает различной: к настоящему времени наблюдалось несколько случаев особо сильных увеличений яркости — вплоть до 10-й звездной величины.

Подобная вспышка яркости кометы наблюдалась в октябре 1976 года. Автор имел возможность лично пронаблюдать это явление на астрофизической станции в Окаяма и произвел фотографирование кометы. 20 октября комета имела свою обычную яркость,

соответствующую 18-й звездной величине. В следующую ночь наблюдения были невозможны из-за облачности. Однако 22 октября мне удалось сфотографировать комету, которая в это время резко увеличила свою яркость — до 11-й звездной величины. Я немедленно позвонил своему коллеге в обсерваторию Дохэй в префектуре Сайтама, и он начал готовиться к получению спектрограммы.

Большой телескоп Центра астрофизических наблюдений в Окаяма в то время не использовался для получения спектрограмм, а применялся для изучения формы небесных объектов, так как он обладает высокой разрешающей способностью. Я сделал несколько снимков кометы (с разными экспозициями), на которых можно было заметить яркое спиралеобразное изображение в центральной части кометы. Это спиралевидное образование может быть вызвано собственным вращением кометы, если предположить, что направление ее вращения такое же, как у Земли. На спектрограмме, полученной моим коллегой, наблюдался только непрерывный спектр, создаваемый отраженным солнечным светом, собственная же эмиссия кометы не обнаружилась.

Каков же источник увеличений яркости кометы?

Относительно этого существуют две гипотезы — внутреннего и внешнего источника. Данная комета находится на достаточно большом расстоянии от Солнца и выглядит с Земли весьма слабой, однако можно предположить, что на самом деле она столь же велика по размерам, как и комета Галлея. По-

скольку комета Швассмана — Вахмана I удалена от Солнца на расстояние 5,5 а. е., количество получаемого ею от Солнца излучения невелико. Естественно тогда допустить, что источник энергии вспышек кометы находится в самом ядре кометы и, скорее всего, имеет химическую природу²⁶.

Другим возможным объяснением вспышек яркости этой кометы является столкновение ее ядра с другими небесными телами. Такие столкновения нельзя считать невероятными, поскольку вблизи орбит комет вполне может существовать огромное количество мелких астероидов. Однако максимальное число астероидов находится между орбитами Юпитера и Марса, и там также имеется много комет, но тогда у последних должны были бы часто наблюдаться схожие явления, чего на самом деле нет. Гипотеза столкновений выглядит маловероятной и из-за исключительно высокой частоты повторяемости вспышек кометы Швассмана — Вахмана I.

Что же касается гипотез внутреннего источника, то в настоящее время, пока мы знаем о природе кометных ядер так мало, они не выходят за рамки чистых домыслов.

Здесь автор желает поделиться с читателем одной своей тайной мыслью. А что если эта комета вовсе не комета, а небесное тело совершенно иной природы, отличное от обычных комет? Взрывы на нем по своему характеру могут быть родственными, скажем, вулканическим явлениям. Вулканическая активность время от времени может усили-

²⁶ Подробнее об этом см.: Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. М., Наука, 1980, с. 87—89.
Прим. ред.

ваться, и при этом видимая яркость небесного тела, естественно, будет возрастать. Если предположить, что это действительно так, то кома кометы Швассмана — Вахмана I должна обладать особыми свойствами, отличающими ее от обычных комет.

В последнее время благодаря использованию космических автоматических станций было выяснено, что на поверхности многих тел Солнечной системы имеются многочисленные кратеры, подобные наблюдавшимся на поверхности Луны. Эти кратеры объясняются с помощью гипотезы метеоритной бомбардировки, которая, как считают сторонники данной гипотезы, происходила в результате частых столкновений различных тел Солнечной системы на ранней стадии ее формирования. Однако нельзя полностью исключить и возможность того, что кратеры образовались в результате вулканической деятельности ²⁷.

Каково же количество вещества, сбрасываемого ядром кометы Швассмана — Вахмана I при одной вспышке яркости? По приблизительным оценкам, оно равняется 100 тоннам для вещества с плотностью 1 г/см³. Примерно за полвека со времени открытия этой кометы она уменьшила свою обычно наблюдаемую яркость на 1 звездную

²⁷ И действительно, совсем недавно с помощью космического аппарата «Вояджер-1» были обнаружены действующие вулканы на спутнике Юпитера Ио. Однако по своим размерам Ио близок к Луне, тогда как ядра комет имеют значительно меньшие размеры. Поскольку весьма сомнительно, чтобы тела столь малых размеров обладали внутренним источником, необходимым для вулканической деятельности, то гипотеза автора все же представляется маловероятной. — *Прим. ред.*

величину, что соответствует уменьшению площади ее поверхности примерно наполовину. Пока не закончилась активная деятельность этой кометы, было бы весьма желательно провести ее фотографирование с помощью космического аппарата, специально направленного в ее окрестности.

«МОЛОДЫЕ» И «СТАРЫЕ» КОМЕТЫ

При каждом приближении кометы к Солнцу происходит выделение некоторого количества газа и частиц пыли из ядра. С учетом этого постепенного истощения ядра возраст кометы Галлея можно оценить примерно в 10 000 лет. Комету Веста с ее длинным хвостом и раздробившимся ядром, пришедшую к Солнцу с расстояния 50 000 а. е., можно назвать «новой» (или первичной) кометой²⁸. Впервые подвергнувшись воздействию солнечного излучения, комета сначала выделила с поверхности своего большого ядра огромное количество газа и пыли, образовав великолепный хвост, а затем, видимо, под влиянием какого-то мощного импульса произошло деление ее ядра на несколько частей.

Комета Когоутека, вероятно, не первый раз совершила свое путешествие к Солнцу. Поэтому она относится не к «новым», а к «молодым» кометам, которые выбросили

²⁸ Эта терминология («новая», «молодая», «старая» кометы) связана не с возрастом этих небесных тел, а со степенью их эволюции (разрушения) под воздействием излучения Солнца. — *Прим. ред.*

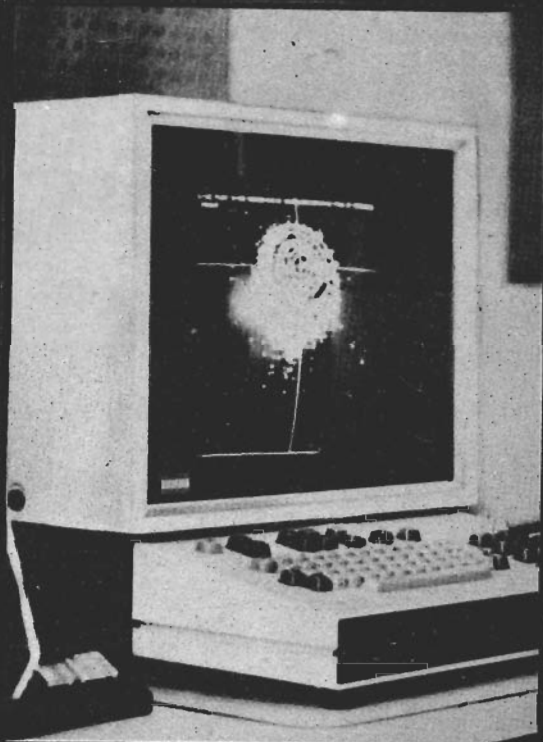
уже довольно значительное количество частиц пыли.

Периодические же кометы, подобные комете Энке, из-за неоднократных сближений с Солнцем сейчас уже почти совершенно не выбрасывают пыли из ядра (которой там, вероятно, почти уже не осталось.— *Прим. ред.*) и поэтому не образуют большого и красивого хвоста. Их можно отнести к «старым» кометам. Яркость кометы Энке с каждым годом становится все меньшей, и некоторые астрономы считают, что всего через каких-нибудь 50 лет она вообще прекратит свое существование.

Когда прекращается выброс газов и пыли с поверхности твердого ядра кометы, ее легко спутать с астероидом.

ГЛАВА 6

РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТ



ПОЯВЛЕНИЕ АХРОМАТИЧЕСКИХ ЛИНЗ

Если обратиться к истории, то можно обнаружить немало случаев, когда очередной прогресс в астрономии был непосредственно обусловлен научно-техническими достижениями соответствующей эпохи. Но можно найти и такие примеры, когда, напротив, достижения астрономии способствовали прогрессу в других областях науки и техники.

Как уже упоминалось, Ньютон пришел к ошибочному выводу, что невозможно полностью ликвидировать явление хроматической аберрации оптических линз. Придерживаясь этой точки зрения, он пришел к созданию телескопа рефлекторного типа. Однако Грегори, первый изобретатель телескопа-рефлектора, к тому времени уже напечатал работу, в которой высказывалось предположение о том, что ахроматические линзы, то есть свободные от хроматической аберрации, можно изготовить путем подбора материалов с различными коэффициентами преломления.

В 1722 году Холл, применив комбинацию линз из незадолго перед этим изобретенного флинтгласа и из известного ранее кронгласа ²⁹, открыл возможность создания ахроматического объектива. В сотрудничестве с

²⁹ Стекло представляет собой затвердевший раствор окиси кремния с примесью окислов калия, натрия, магния, свинца, редкоземельных элементов и т. д. Кронгласом (или просто кроном) называют стекло с незначительной примесью окиси свинца, флинтгласом (или просто флинт) — стекло с большой примесью окиси свинца. — *Прим. ред.*

оптиком Вастом он затем изготовил в 1738 году линзу объектива-ахромата диаметром 64 миллиметра с фокусным расстоянием 503 миллиметра.

Флинтглас обладает по сравнению с кронгласом более высокой степенью преломления световых лучей и большим различием в преломлении красного и голубого цветов. Треугольная призма из флинтгласа разлагает белый свет в более широкий спектр, чем такая же призма из кронгласа. Однако можно так рассчитать форму обеих призм, чтобы их комбинация взаимно скомпенсировала эффекты разложения ими света в спектр. Лучи света, проходя через такую комбинацию призм из флинтгласа и кронгласа, испытывали бы преломление, но не разлагались бы в спектр.

Подобным же образом этот метод может быть использован в случае с линзами. При некоторой комбинации выпуклой и вогнутой линз соответственно из кронгласа и флинтгласа можно добиться того, что их хроматические аберрации будут взаимно скомпенсированы, хотя в целом система будет действовать как выпуклая линза.

Разработка полноценной технологии изготовления телескопов с применением ахроматических объективов началась с работ англичанина Доллонда в 1758 году. Наладив на стекольном предприятии производство достаточно большого количества флинтгласа, он стал изготавливать ахроматические объективы неплохого качества, но все это осуществлялось еще довольно кустарными методами.

Изучение технологии изготовления флинт-

гласа хорошего качества, годного для применения в оптике, усиленно проводилось в Англии и во Франции, однако следует признать, что особого прогресса при этом так и не было достигнуто. В начале XIX века швейцарец Гинан, живший на юге Германии и специализировавшийся на изготовлении оптического стекла, изобрел способ производства блоков флинтгласа больших размеров и хорошего качества, основанный на тигельной плавке исходных ингредиентов для изготовления стекла при повышенных температурах.

Фраунгофер, усовершенствовав способ Гинана, смог достичь современного уровня технологии изготовления оптического стекла для промышленного изготовления ахроматических линз. Фраунгофер прежде всего стремился точно определить степень преломления в стекле каждого из цветов, затем проводил тщательные предварительные расчеты кривизны линз и только после этого в соответствии с полученными результатами производил шлифовку стекла.

Занимаясь опытами по разложению солнечного света в спектр, Волластон в 1802 году обнаружил в спектре Солнца темные линии. Фраунгофер первым обратил внимание на то, что положения этих спектральных линий совершенно неизменны. Он же впервые применил для обозначения наиболее темных линий в солнечном спектре латинские буквы от А до Н, начиная от линий в красной части спектра. Особенно выделялись три темные линии: в красной области (С), в желтой (D) и в голубой (F). Фраунгофер тщательнейшим образом измерил углы прелом-

ления в стекле для света с длинами волн, соответствующими темным линиям, и произвел расчет коэффициентов преломления для этих длин волн с точностью до пятого знака десятичной дроби. Все это позволило ему достичь очень высокой точности при расчете ахроматических линз.

В противоположность металлическим рефлекторным телескопам, получившим развитие в тогдашней Англии, Фраунгофер преуспел в создании телескопов-рефракторов с ахроматическими линзами. В 1816 году он построил телескоп с ахроматическим объективом диаметром 176 миллиметров, а в 1823 году изготовил для русской обсерватории в Дерпте (ныне Тарту) линзовый телескоп с диаметром объектива 245 миллиметров. Поскольку этот ученый обращал большое внимание также и на разработку механической части телескопа, созданные им телескопы стали образцом передовой астрономической техники того времени. Незадолго перед смертью Фраунгофер изготовил для обсерватории в Эдинбурге линзовый объектив телескопа диаметром 490 миллиметров.

Технология изготовления оптического стекла, разработанная Фраунгофером, была применена на стекольных заводах Англии и Франции, и постепенно там были созданы условия для производства крупных блоков оптического стекла для больших телескопов. С тех пор создание телескопов с ахроматическими линзовыми объективами вместо телескопов-рефлекторов с металлическими зеркалами, имевшими низкий коэффициент отражения, стало основным направлением телескопостроения.

В дальнейшем заметных успехов в развитии технологии шлифовки линз добились американец Кларк, француз Анри, немец Штейнхейль и другие. В 1897 году в США на Йеркской обсерватории был смонтирован телескоп-рефрактор с диаметром объектива 1016 миллиметров и с фокусным расстоянием 18,9 метра. Толщина выпуклой линзы объектива в центре составляла 63,5 миллиметра, а у края — 19 миллиметров; вес ее равнялся 90 килограммам. Толщина вогнутой линзы в центре составляла 38,1 миллиметра, у края — 50,8 миллиметра, а ее вес равнялся 136 килограммам. Интервал между двумя линзами составлял 212,7 миллиметра. И по настоящее время этот телескоп является самым крупным телескопом-рефрактором в мире.

ПОИСКИ НОВЫХ СОРТОВ СТЕКЛА

Объективы, созданные на основе комбинации линз из кронгласа и флинтгласа, фактически не были совершенно ахроматическими. Свести все цвета строго в одну точку не удавалось, то есть имелась остаточная хроматическая абберрация. Это происходило вследствие того, что изменение коэффициента преломления света кронгласом в зависимости от цвета происходит иначе, чем у флинтгласа. Например, если удавалось добиться примерно одинаковых углов преломления для лучей красного (линия С) и голубого (линия F), то лучи желтого цвета (линия D), находящиеся внутри этого интервала, уже отклонялись. Таким образом, нельзя было

добиться совпадения фокуса для лучей трех цветов с помощью двух линз из кронгласа и флинтгласа.

Желательно, конечно, добиться одинакового положения точки фокуса, если не для всего спектра, то хотя бы для трех этих цветов. Поскольку комбинацией флинтгласа и кронгласа этого сделать не удавалось, возникла потребность в изготовлении стекла с совершенно новыми свойствами. Так, Фраунгофер задумал создать новый вид стекла, добавляя в его состав новые элементы, однако он не успел получить достаточно долговечный сорт стекла, годный для использования в объективах. Можно только сожалеть, что этот талантливый исследователь скончался в возрасте всего лишь 39 лет.

Изготовить новый вид стекла, уничтожавшего хроматическую аберрацию для трех цветов, удалось Шотту. Однако здесь необходимо упомянуть имя Карла Цейса. В 1846 году Цейс начал работать на заводе по изготовлению и ремонту аппаратуры для кафедры физики и химии университета города Йена. Цейса первоначально заинтересовала проблема усовершенствования микроскопа, и он занялся изучением теории и методов расчета микроскопов, что явилось стимулом для постановки интересных экспериментальных работ на заводе Цейса.

Поскольку и для микроскопа необходимы были оптические системы, свободные от хроматической аберрации, Шотт и Цейс начали совместные исследования, направленные на получение нового сорта стекла. В 1888 году было создано новое стекольное предприятие, где не только началось производство тех ви-

дов оптического стекла, которые до этого вывозились из Англии и Франции, но и были разработаны новые виды стекла, нашедшие применение в различных областях науки и техники.

Среди различных новых видов стекла был получен, в частности, курцфлинт, в состав которого добавлялась сурьма. Это стекло использовалось для изготовления объективов микроскопов, а в комбинации с кронгласом стало применяться при изготовлении линз для апохроматических объективов, то есть таких, которые устраняли хроматическую аберрацию для трех цветов. Апохроматы фирмы «Карл Цейс» использовались в качестве объективов диаметром до 30 сантиметров. Создание объективов-апохроматов большого диаметра до сих пор считается невозможным из-за трудностей в изготовлении достаточно крупных блоков курцфлинта.

В последнее время все более широкое распространение получили производство и использование новых видов стекла не только для линз телескопов и микроскопов, но даже для малогабаритных высококачественных фотокамер. Для изготовления стекла стало возможным применение все новых и новых материалов. В частности, больших успехов здесь можно достичь в связи с освоением процесса искусственной кристаллизации. Расширились и возможности технологии и проектирования. Однако, поскольку для астрономических телескопов необходимы объективы крупных размеров, можно полагать, что объективам-ахроматам предстоит еще долгая жизнь.

СЕРЕБРЕНИЕ СТЕКЛЯННЫХ ЗЕРКАЛ

С середины XIX века, когда начал применяться химический метод серебрения отражательной поверхности стекла, возможно стало получать 96%-ное отражение света. Штейнхейль в Германии в 1856 году сконструировал телескоп со стеклянным зеркалом диаметром 10 сантиметров и с фокусным расстоянием 2,4 метра. Француз Фуко в 1857 году также построил телескоп-рефлектор системы Ньютона, в котором использовал стеклянное зеркало диаметром уже 33 сантиметра.

Посеребренная поверхность может легко потемнеть, однако повторное серебрение осуществить сравнительно просто, гораздо легче, чем изготовить металлическое зеркало из сплавов меди. Более того, поскольку в данном случае используется только одна поверхность стекла, которая шлифуется и покрывается металлом, то в отличие от изготовления линз здесь уже не требуется стекло высокого качества. Следовательно, не представляет большого затруднения получение стеклянного блока большого размера, а значит, можно строить и телескопы крупных размеров.

Фуко предложил новый метод контроля поверхности зеркала, а в 1873 году сконструировал телескоп-рефлектор системы Ньютона диаметром зеркала 80 сантиметров и с фокусным расстоянием 4,5 метра. Несколько позже в Англии Калвер развил технологию изготовления астрономических зеркал до такого уровня, который позволил увеличить размеры зеркал до диаметра

91 сантиметр в 1890 году и до 152 сантиметров в 1891 году. В особенности следует отметить создание в 1909 году американцем Ричи рефлектора с зеркалом диаметром 152 сантиметра и с фокусным расстоянием 7,6 метра, который был смонтирован на обсерватории Маунт-Вилсон, неподалеку от Лос-Анджелеса, что ознаменовало собой большое достижение в области телескопостроения.

К этому же времени относится значительный прогресс в области астрофотографии и спектрального анализа. В результате всех этих достижений начала стремительно развиваться новая наука, получившая название астрофизики.

Телескоп-рефлектор имеет целый ряд преимуществ перед телескопом-рефрактором: относительная простота в изготовлении зеркала большого диаметра и большой светосилы, а также полное отсутствие хроматической аберрации. Для нас особенно важно здесь то, что имеется возможность изготовления телескопов-рефлекторов с большой светосилой, что имеет решающее значение для эффективных наблюдений протяженных небесных объектов, таких, как кометы или туманности.

Светосила равна квадрату относительного отверстия — величины, получаемой от деления диаметра объектива на фокусное расстояние. Чем больше эта величина, тем более ярким получается изображение протяженного объекта. Для телескопов-рефлекторов, используемых для визуальных наблюдений, типичным относительным отверстием является $1:(15 \div 18)$, тогда как для телескопа-рефлектора главное зеркало можно сделать с относительным отверстием, скажем,

1:5. Длина трубы для телескопа с большей светосилой значительно меньше, что, естественно, упрощает обращение с ним. Кроме того, намного меньше будет и помещение, в котором устанавливается телескоп и откуда ведутся наблюдения, что также представляет немалое преимущество.

При соответствующем использовании вторичных зеркал, применяя систему Ньютона или, еще лучше, систему Кассегрена, можно добиться увеличения результирующего фокусного расстояния без существенного увеличения трубы телескопа.

В 1921 году Ричи сконструировал большой телескоп с диаметром зеркала 2,5 метра и с относительным отверстием 1:5. Этот телескоп был смонтирован на обсерватории Маунт-Вилсон. В течение долгого времени он был лучшим телескопом подобного типа и сослужил хорошую службу астрономам.

АЛЮМИНИЕВОЕ НАПЫЛЕНИЕ И СТЕКЛО С МАЛЫМ ТЕПЛОВЫМ РАСШИРЕНИЕМ

В 1935 году американец Стронг открыл новый способ покрытия зеркала — путем напыления алюминия на поверхность в вакууме. Этот метод нашел применение при производстве зеркал для астрономических телескопов вместо прежнего метода серебрения поверхности зеркала. Алюминиевая поверхность по сравнению с посеребренной обладает лишь незначительно меньшим коэффициентом отражения в желтой части спектра (около 90%), однако ее отражательная спо-

способность в диапазоне от голубого до фиолетового цветов еще ниже (коэффициент отражения здесь можно считать исключительно высоким, если он достигает 80%). Поскольку обычные фотоматериалы наиболее чувствительны именно к синим лучам, замена посеребренной поверхности алюминированной в наибольшей степени ощущается при фотографических наблюдениях.

Следует отметить, что в Японии метод алюминиевого покрытия зеркал был разработан и внедрен в производство всего на полгода позже, чем это было сделано в США.

С появлением крупных телескопов-рефлекторов было отмечено заметное воздействие изменений температуры окружающей среды на стеклянное зеркало телескопа. При наблюдениях в ночное время происходит значительное понижение температуры воздуха, как правило, после полуночи. Охлаждение окружающей среды приводит и к понижению температуры стекла, причем это изменение весьма неравномерно.

Под влиянием температурных изменений происходит деформация зеркала, что порождает аберрацию. При этом в рефлекторе с двумя и больше зеркалами малейшее искривление главного зеркала приводит к значительному искажению хода лучей, усиленному повторными отражениями от зеркал. Искажение изображения при температурном искривлении линзы в 3 раза меньше искажения, возникающего при искривлении зеркала.

В качестве материала для зеркал, стойкого к изменениям теплового режима, используют кристаллы и кварц. В частности,

для зеркал, используемых при наблюдениях Солнца, применяют плавленый кварц, коэффициент теплового расширения которого в 20 раз ниже соответствующей величины для обычного стекла. Однако практически невозможно получить крупный блок из такого вещества. В 1930 году фирма «Корнинг» (США) разработала способ производства пирекса — стекла с малым коэффициентом теплового расширения. Коэффициент теплового расширения пирекса составляет всего $\frac{1}{3}$ от соответствующего коэффициента для обычного стекла. Кроме того, из него легче получить изделие крупных размеров, поэтому впоследствии он стал наиболее употребимым материалом при изготовлении зеркал для крупных телескопов-рефлекторов.

В 1934 году фирма «Корнинг» изготовила из пирекса диск диаметром 510 сантиметров и толщиной 60 сантиметров, на что ушло около двух лет. Для облегчения веса этого изделия его внутренняя часть имела устройство наподобие пчелиных сот, и тем не менее вес диска превышал 10 тонн. Заготовка зеркала была перевезена в Лос-Анджелес, где она была отшлифована для придания зеркалу параболической формы. Сначала работали над тем, чтобы придать поверхности зеркала сферическую форму с радиусом кривизны 33,9 метра, затем в центральной части было вышлифовано углубление в 0,127 миллиметра для получения необходимой параболической формы и, наконец, было сделано покрытие зеркала.

В конце концов оно было перевезено в обсерваторию Маунт-Паломар в южной Калифорнии и установлено на специальной мон-

тировке под куполом диаметром 40 метров. Так начал действовать самый крупный в то время телескоп в мире. Этот телескоп вместе с 2,5-метровым телескопом обсерватории Маунт-Вилсон носят имя Хэйла — в знак памяти ученого-астронома, приложившего огромные усилия для реализации проектов этих обсерваторий и способствовавшего сбору средств для их строительства.

СОВРЕМЕННЫЕ КРУПНЫЕ ТЕЛЕСКОПЫ

Пятиметровый телескоп-рефлектор с его огромной светосилой оправдал ожидания астрономов, в частности, вместе с развитием (после второй мировой войны) радиоастрономии он способствовал получению новых данных об отдаленных районах Вселенной, что привело к существенным изменениям наших представлений о ней. Однако одержимость астрономов в получении новых познаний поистине не имеет границ. С целью получения данных о более слабых источниках излучения было запроектировано в Советском Союзе создание телескопа с шестиметровым зеркалом. После преодоления ряда технических трудностей этот телескоп был осенью 1976 года смонтирован и начал действовать на новой обсерватории, построенной на Кавказе.

О том, насколько велик этот телескоп, говорит уже его общий вес, достигающий 500 тонн. Так называемое ведение телескопа, необходимое для удержания наблюдаемого объекта в поле зрения, осуществляется с по-

мощью электронной вычислительной техники. При диаметре зеркала 6 метров проникающая сила³⁰ телескопа в 1,4 раза превосходит соответствующую величину для 5-метрового телескопа Хэйла обсерватории Маунт-Паломар. С помощью 6-метрового телескопа можно различать небесные объекты до 24-й звездной величины.

Проницающая сила телескопа увеличивается пропорционально квадрату диаметра его зеркала, а общий вес — примерно пропорционально кубу или даже четвертой степени. С другой стороны, вследствие загрязнения окружающей обсерваторию земной атмосферы разрешающая способность телескопов обычно не достигает проектной величины. Поэтому сейчас большое распространение получила точка зрения, что выгоднее иметь несколько четырехметровых телескопов, чем один сверхкрупный, и к настоящему времени в нескольких странах было завершено создание по крайней мере шести телескопов такого класса.

В последние годы были изобретены идеальные материалы для зеркал телескопов — стекла с практически нулевым коэффициентом теплового расширения³¹. Эти материалы были незамедлительно использованы при конструировании 4-метровых телескопов, с помощью которых уже получены хорошие результаты. В США с целью экономии средств на строительство по почти одинако-

³⁰ Проницающая сила телескопа характеризуется предельной звездной величиной небесных объектов, видимых в данный телескоп. — *Прим. ред.*

³¹ Употребляемый в СССР материал с такими качествами носит название ситалла. — *Прим. ред.*

вой смете были построены два телескопа такого класса для оснащения обсерваторий на горе Китт-Пик (штат Аризона) и в Сьерро-Тололо (Чили).

Основные детали монтировки для этих двух телескопов были изготовлены в Японии. Ряд японских компаний (например, «Мицубиси») участвует в реализации и других международных астрономических проектов (например, проекта 4-метрового Англо-австралийского телескопа). Демонстрируя тем самым высокий технологический уровень развития промышленности, в частности тяжелого и точного машиностроения, Япония вносит свой весомый вклад в прогресс мировой астрономической науки.

ФОТОГРАФИЯ И АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В 1839 году француз Дагер открыл метод получения серебряного изображения с использованием светочувствительного слоя из иодистого серебра на специальной пластинке, которая получила название дагеротипа. Его светочувствительность была исключительно низкой. Например, для того чтобы сделать фотопортрет человека в дневное время вне помещения, требовалось время выдержки около 1 часа. Среди тех, кто сразу оценил полезность применения этого метода в астрономии, был французский астроном Араго. Он сделал сообщение об открытии Дагера на заседании Французской академии и опубликовал свой способ применения данного открытия.

Эта новость быстро распространилась, и не только в научных кругах. Американец Дрейпер приложил много усилий для того, чтобы вновь изобретенный метод фотографирования нашел применение в процессе наблюдений небесных тел. В 1840 году ему впервые удалось сделать снимок Луны на серебряной пластинке дагеротипа. В 1850 году Бонд, директор обсерватории Гарвардского университета (штат Массачусетс), используя 38-сантиметровый рефрактор, один из лучших телескопов того времени, сделал снимок Веги — звезды 1-й звездной величины в созвездии Лирь.

В 1851 году с изобретением метода мокрой пластинки было достигнуто увеличение светочувствительности, что стало хорошим стимулом для развития астрономического фотографирования. Благодаря тому что в обсерватории Гарвардского университета стали прилагать серьезные усилия для широкого использования фотографического метода в наблюдениях небесных тел, с тех пор и по настоящее время здесь было накоплено более 500 000 снимков небесных объектов, и сейчас эта фототека стала важнейшим архивом видов различных участков звездного неба в прошлом.

В 1858 году Бонд при появлении на небе кометы Донати произвел ее фотографирование, используя телескоп диаметром 38 сантиметров. Поскольку относительное отверстие этого телескопа было малым (1:15), было получено фотографическое изображение только ядра кометы. В то же время английскому фотографу Ушервуду, применившему при съемке кометы Донати линзу с большим

относительным отверстием (1:2,4), удалось сделать снимок длинного хвоста кометы. Это послужило доказательством того, что при фотографировании комет выгодно применять оптику с большой светосилой. Первые серьезные фотографические наблюдения кометы были осуществлены в 1881 году при появлении кометы Теббата. Тогда же Хеггинсу и Дрейперу удалось провести спектроскопические исследования этой кометы.

Перечислим те общие преимущества, которые дает фотография при наблюдениях небесных тел:

1) процесс наблюдения является объективным, личные качества наблюдателя не влияют на результат наблюдения;

2) путем увеличения времени экспонирования можно добиться «накопления» света и зафиксировать те источники, которые нельзя заметить визуально;

3) с другой стороны, можно сделать наблюдения возможными и в случаях чрезмерно яркого объекта (например, Солнца), сокращая время экспозиции;

4) возможность фиксировать объекты в широком диапазоне длин волн;

5) одноразовая экспозиция позволяет получить много информации о взаимном расположении небесных тел, их форме и яркости;

6) хранение фотоматериалов в течение длительного времени.

Благодаря перечисленным преимуществам фотографические наблюдения затмили собой старый метод визуального наблюдения и стали главным направлением наблюдательной астрономии. Результаты фотографических

наблюдений явились большим вкладом в дело развития астрономии, начиная со второй половины XIX века. При первых шагах развития техники фотографии многие астрономы проявили большую заинтересованность в получении положительных результатов в таких исследованиях и способствовали существенному прогрессу в данной области. Это нашло отражение в том, что в историю развития фотографии, ее принципов и техники вошли ряд астрономов. Так, например, гипосульфит натрия, применяемый в процессе фиксирования фотоматериалов, был изобретен Джоном Гершелем, внуком родоначальника этого семейства астрономов Вильяма Гершеля.

С внедрением фотографии в процесс астрономических наблюдений к телескопу начали приспосабливать различное дополнительное фотографическое оборудование, все более разнообразное и сложное.

ЭКВАТОРИАЛЬНАЯ МОНТИРОВКА ТЕЛЕСКОПА

При удлинении времени экспозиции для накопления слабого света от небесного объекта на поверхности фотоэмульсионного слоя существенным становится тот факт, что небесный объект совершает движение в поле зрения фотокамеры за счет вращения земного шара (суточное движение небесных светил). После того как вы обнаружили небесное тело, навели на него фотокамеру, оно медленно смещается с востока на запад, и телескоп должен следовать за его суточным

движением. С этой целью на каркасе, поддерживающем телескоп, монтируется так называемая полярная ось, которая параллельна оси вращения Земли. Такая ось оборудована устройством, регулирующим вращение телескопа с полным оборотом около нее за 24 часа.

Поскольку при наличии только одной оси невозможно свободное направление телескопа на избранную точку неба, перпендикулярно к ней устанавливается вторая ось, называемая осью склонений. Телескоп устанавливается в перпендикулярном к этой оси направлении. При соответствующих вращениях телескопа около полярной оси и оси склонений он направляется на искомый небесный объект. После этого ось склонений фиксируется, а полярная ось совершает запрограммированный оборот за 24 часа, в результате которого телескоп и осуществляет слежение за искомым объектом. Подобная конструкция системы поиска и слежения называется экваториальной монтировкой телескопа. Первый прообраз телескопа с такой монтировкой был изготовлен Шейнером еще в 1615 году, а в 1823 году Фраунгофер сконструировал телескоп с экваториальной монтировкой в ее нынешнем виде.

Последующее развитие технологии машиностроения в полной мере смогло удовлетворить все требования, выдвигаемые при создании крупногабаритного и точного оборудования телескопа с экваториальной монтировкой. Когда наблюдаешь работу огромного телескопа весом более 100 тонн, который с поразительно малой погрешностью, не превышающей 1'', совершенно бесшумно осуще-

ствляет сопровождение небесного объекта, возникает ощущение, что наблюдаешь какое-то чудо.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТИВОВ

Поскольку фотографирование методом дагеротипа отличалось очень низкой чувствительностью фотоматериала, возникла проблема создания как можно более светосильного объектива. В 1840 году Пецваль из Венского университета разработал такой объектив, а Фойгтлендер его изготовил. Объектив Пецваля представлял собой комбинацию из двух групп линз по две в каждой. Поле зрения было несколько сужено, зато относительное отверстие достигало $1:3,4$, благодаря чему при фотографировании человека, даже расположенного в тени, требовалась гораздо меньшая выдержка — до 1—2 минут. Этот объектив получил название «портретного» и стал производиться в значительных количествах.

В это время на Ликской обсерватории работал известный астроном Барнард, прославившийся своими открытиями комет. К его заслугам принадлежит также и применение «портретного» объектива для фотографирования небесных объектов. Изготовив специальный телескоп с экваториальной монтировкой, Барнард с помощью «портретного» объектива сумел сделать ряд последовательных снимков Млечного Пути, применив для этого выдержку около 5 часов, благодаря чему было открыто существование многочис-

ленных светлых и темных туманностей. Это открытие стимулировало дальнейшее исследование Млечного Пути, продвинув далеко вперед изучение строения Галактики.

12 октября 1892 года Барнард при проявлении снимка части Млечного Пути в созвездии Орла неожиданно обнаружил на нем изображение новой кометы, сдвинутое из-за большой выдержки при фотографировании. Это было первое открытие новой кометы, сделанное фотографическим путем. На многочисленных снимках, сделанных с помощью нового объектива на крупных телескопах, которые в это время вошли в употребление, было зафиксировано много ценных данных, в частности, об изменениях формы хвоста кометы. Благодаря достигнутым успехам фотографический телескоп с экваториальной монтировкой стал широко известен во всем мире, и на каждой обсерватории стремились получить такое оборудование.

На поверхности фотоэмульсии вместе с изображениями звезд возможно появление различных царапин, пятен, затрудняющих восприятие реального изображения. Учитывая это, предпочтительнее делать по два снимка того, что попадает в поле зрения при фотографировании. С этой целью стали применять спаренный фотографический телескоп с двумя объективами, что способствовало более быстрому обнаружению астероидов и комет при их поисках.

Поскольку определенным недостатком «портретного» объектива Пецваля было узкое поле зрения, насущной необходимостью стало изобретение объектива с более широким полем зрения. Вместе с появлением но-

вых видов оптического стекла были разработаны и новые типы современных объективов. Такие из них, как трехлинзовый объектив, изобретенный англичанином Тейлором, объектив «Тэссар», изобретенный немцем Рудольфом, нашли широкое применение и в астрономии.

В настоящее время самые крупные в мире фотографические телескопы-рефракторы находятся на Ликской обсерватории (в США) и на астрономической станции Аргентинского университета. Оба этих телескопа являются двойными с диаметром объектива 51 сантиметр и относительным отверстием 1:7. Оба они активно используются и для наблюдений комет.

КАМЕРА СИСТЕМЫ ШМИДТА

Для фотографирования диффузного света от комет и туманностей желательно использовать оптику с большой светосилой, однако при увеличении светосилы линз быстро возрастают хроматическая и другие аберрации. В телескопе-рефлекторе хроматическая аберрация полностью отсутствует, но при увеличении относительного отверстия развивается растущая к краю поля зрения аберрация, называемая комой. Кома является самым большим недостатком параболического зеркала — из-за нее звезда, не попавшая в центр поля зрения, принимает вид кометообразного тела. Хотя пятиметровый телескоп-рефлектор Хэйла имеет светосилу 1:5, поле зрения получаемых им хороших изображений составляет всего только 5'.

Линза, уменьшающая кому и расширяющая тем самым поле зрения, была сконструирована Россом (афокальная коррекционная линза Росса) и с тех пор стала стандартной принадлежностью крупного телескопа. Правда, следует отметить, что даже при ее применении диаметр эффективно используемого поля зрения составляет всего лишь около 1° .

В 1932 году немецкий ученый Шмидт изобрел оптическую систему, ставшую знаменательной вехой в развитии оптических средств, используемых в астрономии. Действительно, астрономы получили в подарок удивительную камеру с широким полем зрения и большой светосилой. В камере системы Шмидта используется зеркало сферической формы, специальная ирисовая диафрагма в центре сферы позволяет ликвидировать кому. Кроме того, перед зеркалом установлена тонкая стеклянная пластина, у которой сторона, обращенная к зеркалу, имеет форму выпуклой линзы в центре и вогнутой по краям (рис. 32). Эта пластина устраняет аберрацию сферического зеркала.

Единственный недостаток камеры Шмидта заключается в том, что фокальная поверхность является не плоской, а выпуклой. Этот недостаток Шмидт компенсировал пу-

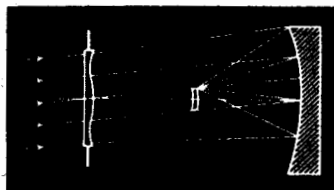


Рис. 32. Схема прохождения световых лучей в камере системы Шмидта: 1 — коррекционная пластина; 2 — выпуклый экран; 3 — зеркало

тем прижима фотопленки к выпуклому экрану. Он сам же и изготовил камеру собственной системы с коррекционной пластиной диаметром 36 сантиметров и относительным отверстием 1:2,2. Эта камера имеет поле зрения 16° , и Шмидт с ее помощью получал прекрасные снимки звездного неба.

Наиболее трудным делом при изготовлении такой камеры является шлифовка коррекционной пластины. Шмидт применил совершенно необычный метод шлифовки. Пластина помещалась в специальный цилиндр, в котором создавался вакуум. Под влиянием внешнего давления пластина изгибалась и в таком состоянии шлифовалась до плоского состояния. Затем цилиндр открывался для доступа воздуха, и поверхность стеклянной пластины, освобожденной от сил давления, приобретала изогнутую форму. Степень изгиба пластины довольно незначительна: при диаметре 50 сантиметров и при использовании в камере с относительным отверстием 1:2 разница в толщине пластины в центре и по краям составляет всего лишь 0,123 миллиметра. Вследствие этого совсем незначительна и хроматическая аберрация.

Вскоре обратили внимание на то, что камера системы Шмидта с успехом может применяться не только для астрономического фотографирования, но и в других областях оптики. Постепенно она стала широко использоваться в различных оптических системах, где необходимы большая светосила и широкое поле зрения. Недостаток же камеры, связанный с вогнутостью фокальной поверхности, был устранен с помощью плоско-

выпуклой линзы, расположенной непосредственно перед фокусом. Этот метод был предложен финским астрономом Вейсалоу, имя которого навеки запечатлено в науке в названиях открытых им периодических комет³².

В 1948 году на обсерватории Маунт-Паломар была смонтирована большая камера системы Шмидта с относительным отверстием 1:2,5. Коррекционная пластина имеет диаметр 122 сантиметра, сферическое зеркало — диаметр 183 сантиметра, в камере используются сухие фотопластины квадратной формы со сторонами 36 сантиметров, поле зрения равняется $6,3^\circ$. Эта камера имеет прекрасные технические данные, и с ее помощью были получены великолепные, очень резкие снимки звездного неба. Она как бы выполняет роль лоцмана для 5-метрового телескопа-рефлектора, обладающего малым полем зрения.

С помощью этой камеры при содействии Американского географического общества была осуществлена обширная программа работ по фотографированию части неба, доступной для наблюдений на обсерватории

³² В СССР наиболее крупный телескоп системы Шмидта (диаметр коррекционной пластины 100 сантиметров) установлен на Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР. Кроме того, на нескольких обсерваториях работают крупные телескопы системы Максудова, имеющие те же достоинства, что и телескопы системы Шмидта (широкое поле хороших изображений при большой светосиле). В телескопах системы Максудова вместо коррекционной пластины используется менисковая (выпукло-вогнутая) линза. Крупнейший телескоп этой системы с диаметром зеркала 70 сантиметров установлен на Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГрузССР.— *Прим. ред.*

Маунт-Паломар. При этом использовались сухие пластины двух типов: с максимальной чувствительностью в областях спектра 450 нанометров (синий цвет) и 630 нанометров (красный цвет). Часть звездного неба от Северного полюса мира до круга склонения -36° была разбита на 899 участков, и их фотографирование, начатое в 1951 году, продолжалось в течение 7 лет.

В результате был издан Паломарский фотографический атлас звездного неба, в котором зафиксированы объекты до 22-й звездной величины. В процессе съемок звездного неба было открыто 12 новых комет, что послужило еще одним доказательством эффективности использования камеры системы Шмидта для наблюдения и поиска комет. Особенно плодотворным оказалось сравнение полученных оптических данных с результатами радиоастрономических наблюдений.

К 1973 году относится возникновение идеи о расширении атласа звездного неба вплоть до Южного полюса мира. В это время завершился монтаж камеры системы Шмидта примерно такого же класса в Австралии. С целью реализации такого проекта в короткий срок был разработан план сотрудничества обсерватории в Австралии с Европейской южной обсерваторией, где имеется 100-сантиметровая камера системы Шмидта. В настоящее время этот проект находится в процессе осуществления, причем в Австралии ведутся съемки в красных лучах, а на Европейской южной обсерватории — в голубых. В ходе выполнения этой программы фотографирования неба к лету 1977 года на снимках было открыто 5 новых комет, од-



Рис. 33. Камера системы Шмидта Токийской обсерватории (станция Кисо)

ной из которых была и упоминавшаяся нами комета Веста (1975n).

В заключение отметим, что смонтированная в 1974 году на Токийской обсерватории (префектура Нагано) камера системы Шмидта с относительным отверстием 1:3,1 имеет диаметр коррекционной пластины 105 сантиметров. Для съемок используются квадратные пластинки размером 36×36 сантиметров. Поле зрения составляет 6° (рис. 33).

ПОВЫШЕНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Если обратиться к истории развития техники фотографии со времени первого дагеротипа 1839 года, то можно сказать, что это прежде всего история стремительного

роста светочувствительности фотоматериалов. В 1851 году появилась коллодиевая мокрая пластинка, которая по сравнению с пластинкой дагеротипа имела в 100 раз большую чувствительность, а в последующем ее чувствительность была повышена еще в несколько раз.

В 1871 году была изобретена галогенизированная серебряная эмульсия — самый чувствительный фотоматериал того времени. Его светочувствительность была в 10 раз выше, чем у мокрой пластинки, а по сравнению с сухой пластинкой дагеротипа светочувствительность возросла примерно в 10 000 раз. Теперь в принципе каждый, кто пожелал бы, мог заняться фотографией. С ростом потребностей в фотоматериалах росло и их производство, улучшались технология изготовления и качество, выросла целая отрасль современной промышленности. К 1939 году, через 100 лет после открытия фотографии, чувствительность фотоматериалов увеличилась примерно в 100 000 раз; к этому времени была уже создана современная фотоэмульсия.

В момент своего изобретения галогенизированная серебряная эмульсия обладала достаточно высокой чувствительностью только к коротким световым волнам — в диапазоне спектра от 500 нанометров и ниже. Образно говоря, эмульсия страдала дальтонизмом. В последующем благодаря добавлению красящих веществ в состав эмульсии она стала чувствительной также и к желтому цвету и получила название ортохроматической эмульсии.

Затем была создана и панхроматическая

эмульсия, обладающая светочувствительностью во всем видимом диапазоне спектра — до красного цвета включительно. Вследствие этого облегчилось получение спектров небесных тел, упростилось определение физических характеристик звезд, астрофизика достигла заметных успехов. В известных всем современных единицах светочувствительности AGFA чувствительность дагеротипа составляет лишь 0,001, и уже один этот факт говорит о том, насколько велик был прогресс, достигнутый в этой области.

Благодаря увеличению светочувствительности фотоматериалов появилась возможность фотографирования очень слабых небесных объектов. Одним из преимуществ фотографии, как уже отмечалось, является возможность «накопления» света при длительной экспозиции, что и открывает возможность запечатлеть слабый астрономический источник. Однако у галогенизированной серебряной эмульсии имеется один крупный недостаток, связанный с отклонением от так называемого закона взаимозаместимости.

Количество света, воздействующего на эмульсию, — величина экспозиции — определяется двумя факторами: интенсивностью света и временем экспонирования. При слабом свете, интенсивность которого, скажем, вдвое меньше необходимой для нормальной съемки с заданным временем экспонирования, можно получить достаточную экспозицию, увеличив время экспонирования вдвое. Свойство фотоэмульсии приобретать равные почернения (после проявления) при равных величинах экспозиции называется законом

взаимозаместимости. Однако по мере уменьшения силы света, когда для сохранения экспозиции становится необходимым удлинять выдержку свыше 10 секунд, одинаковое почернение при одинаковой величине экспозиции уже не достигается. Плотность почернения становится более слабой, то есть чувствительность эмульсии понижается.

Это явление и представляет собой отклонение от закона взаимозаместимости. Оно вызывает большие затруднения при фотографировании слабосветящихся небесных объектов — с уменьшением интенсивности источника он уже не проявляется на снимке, начиная с определенного момента, даже при сильном увеличении времени экспонирования. Это, видимо, связано с тем, что процесс возникновения изображения на пленке осуществляется с какими-то затруднениями.

В частицах галогенизированного серебра под воздействием световых квантов происходят определенные фотохимические изменения. Только в тех частицах, которые подверглись такому изменению, может произойти восстановление серебра под воздействием раствора проявителя. Возможно, что для фотохимического изменения одной частицы галоида серебра необходимо, скажем, воздействие двух квантов света. При достаточно сильном свете проблем нет: кванты непрерывно, один за другим, воздействуют на частицы галоида серебра, обуславливая получение хорошего скрытого изображения. Однако при слабом свете на одну светочувствительную частицу может прийти только один квант света, что, видимо, недостаточно для появления скрытого изображения.

Реакция светочувствительных частиц зависит также от температуры окружающей среды. При достаточно сильном охлаждении эмульсии во время экспонирования отклонение от закона взаимозаменяемости уменьшается. Об этом свидетельствуют экспериментальные данные: многим известно, что в холодную зимнюю погоду и при ночных съемках чувствительность пленки заметно увеличивается.

Фирма «Кодак» разработала и поставляет фотоматериалы особого типа, которые не страдают отклонением от закона взаимозаменяемости и которые особенно нужны астрономам.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Явление возникновения электрического заряда при воздействии света на вещество называется фотоэффектом. Общеизвестно использование этого эффекта в фотоэлементах и в солнечных батареях. Естественно ожидать, что при измерении количества света электрическими средствами точность измерений должна быть высокой, и поэтому многие астрономы исследовали возможности использования фотоэффекта для целей фотометрии небесных тел.

В 1940 году был создан электронный фотоумножитель, в котором, помимо фотоэффекта, использовалось и явление так называемой вторичной электронной эмиссии. С этого момента стало сравнительно легко и с достаточно хорошей точностью проводить фотометрию слабых астрономических источников.

Существенным препятствием для проведения точных измерений являются шумы. В том случае, когда полезный сигнал смешан с очень сильными шумами, проведение точных

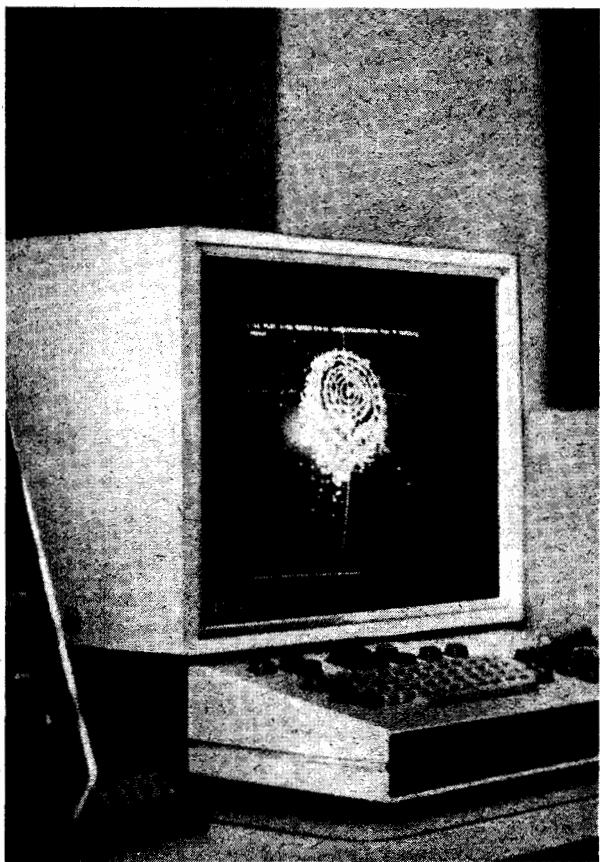


Рис. 34. Изображение головной части кометы Веста на экране дисплея, полученное с помощью ЭВМ

измерений становится невозможным. Созданная в последнее время электронная аппаратура позволяет выделять полезный сигнал из шумов и обнаруживать источники излучения, почти совершенно невидимые как при визуальных, так и при фотографических наблюдениях.

Устройства, аналогичные электроннолучевым трубкам, применяемым в телевизионных приемниках, позволяют увидеть очень слабые протяженные небесные объекты, например, кометы (рис. 34). Использование подобной электронной аппаратуры параллельно с телескопом дает эффект, равнозначный увеличению диаметра объектива телескопа, и должно способствовать радикальному повышению уровня наблюдательной астрономии.

Помимо применения электронной аппаратуры непосредственно в телескопе, в настоящее время используется ряд электронных приспособлений для проведения более точных измерений: измеритель координат, применяемый для определения положения звезды на поверхности фотопластинки, микрофотометр для измерения фотографического почернения и т. д. Все это позволяет достаточно быстро и в то же время в большом объеме получить точную информацию. Раньше, например, на нанесение изофот (линий одинаковой яркости) головы кометы по измерениям точек одинаковой плотности на фотопластинке могло уйти несколько суток. Теперь же, при использовании электронной счетной техники, затрачивается примерно 10 минут на напечатание данных, помещенных в машину, а еще через несколько минут получается готовый чертеж.

ГЛАВА

7

НЕБЕСНЫЕ
ТЕЛА,
РОДСТВЕННЫЕ
КОМЕТАМ



МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Пылевые частицы, выделяемые из головы и хвоста кометы, рассеиваются в виде постепенно расширяющейся полосы вдоль орбиты кометы. Если кометная орбита пересекается с орбитой Земли, то при вхождении последней в пределы этой полосы поток пылевых частиц встречается с земной атмосферой. Пылевые частицы, движущиеся, скажем, по параболической орбите вокруг Солнца, при пересечении земной орбиты обладают скоростью 42,4 километра в секунду. С другой стороны, скорость движения Земли по орбите составляет 30 километров в секунду. Таким образом, при встрече пылевого потока с Землей его относительная скорость может составить около 72 километров в секунду. С такой огромной скоростью пылевые частицы «врезаются» в земную атмосферу! Даже если пылевой поток будет сближаться с Землей «вдогонку», то и тогда скорость столкновения составит 12 километров в секунду.

Из-за трения при движении в атмосфере частицы пыли раскаляются и начинают ярко светиться. Это производит при наблюдении с Земли впечатление метеорного потока («метеорного дождя»). Быстро сгорая, частицы гаснут, исчезают из виду и лишь очень редко достигают поверхности Земли. В последнем случае мы уже имеем дело с падением метеорита.

Может случиться и так, что кометная пыль будет обладать орбитой, близкой к земной, и может входить в атмосферу почти параллельно движению Земли. При наблюдении таких

метеоров с Земли благодаря эффекту перспективы будет казаться, что они вылетают из одной точки неба. Это можно сравнить с уходящим вдаль железнодорожным путем. Упомянутая точка называется радиантом метеорного потока. С тем созвездием, в котором она находится, связывается и название метеорного потока³³. Поскольку Земля в своем обращении вокруг Солнца проходит каждую определенную точку своей орбиты в определенный момент года, то получается, что метеорные потоки с конкретными радиантами наблюдаются в совершенно определенные сутки. В частности, много метеоров наблюдается каждый год в августе. Особый интерес представляет метеорный поток созвездия Персея — Персеиды. Он наблюдается в период с 12 по 14 августа после полуночи и до рассвета.

В 1866 году итальянец Скиапарелли наблюдал Персеиды с 9 по 11 августа и произвел расчет орбиты частиц, ответственных за этот метеорный поток. Его внимание привлек тот факт, что найденные им элементы орбиты очень близки к элементам орбиты кометы Свифта — Тутля, открытой за несколько лет перед этим — в 1862 году. Это было первым доказательством того, что между кометами и метеорными потоками существует тесная связь. Период обращения кометы Свифта — Тутля равен 120 годам, и в 1982 году эта комета должна была в очередной раз возвратиться и пройти точку перигелия.

³³ При этом обычно используется латинское название соответствующего созвездия. Например, метеорные потоки созвездия Близицеов и созвездия Льва называют соответственно Геминидами и Леонидами. — *Прим. ред.*

Можно ожидать, что и августовский метеорный поток Персеид в последние годы активизируется.

В 1799 и в 1833 годах в ноябре наблюдался обильный «метеорный дождь» с радиантом в созвездии Льва. Американский астроном Ньютон на основании старых записей бельгийца Кетле определил, что период повторения этого потока равен 33,25 года. Он предсказал, что в следующий раз сильный поток Леонид будет в 1866 году, и его предсказание сбылось с удивительной точностью. 13 ноября 1866 года в течение часа наблюдалось поразительное явление: около 20 000 метеоров пронеслось по небу из одной точки в созвездии Льва, расходясь во все стороны. Название одного из романов Ромена Роллана — «Метеорный поток созвездия Льва» — как раз возникло в связи с большим «метеорным дождем» 1799 года.

Когда англичанин Адамс рассчитал орбиту частиц, ответственных за поток Леонид, он обнаружил, что та совпадает с орбитой кометы, открытой итальянцем Темплом в конце 1865 года. Движение этой кометы изучал немецкий ученый Шубарт, который установил, что это та же самая комета, о появлении которой сообщалось в старых записях 1366 и 1699 годов. Наблюдал эту комету Шубарт при ее возвращении к перигелию в апреле 1965 года. Заметные потоки Леонид в 1964 и 1965 годах как раз и указывают на то, что именно комета Темпля является прародительницей этого метеорного потока.

Кометой-прародительницей потоков Акварид и Орионид — в последней декаде мая с

радиантом в созвездии Водолея и в последней декаде октября с радиантом в созвездии Ориона — является знаменитая комета Галлея. Когда «кометная» пыль проявляется в виде потока метеоров на небе, это означает, что Земля как раз проходит через точку пересечения орбиты кометы с плоскостью эклиптики. Так, например, в случае кометы Галлея Земля проходит через нисходящий узел орбиты кометы в мае, а через восходящий узел — в октябре. Поэтому-то и наблюдаются два потока, связанные с этой кометой, причем радиант потока, как и следовало ожидать, наблюдается в мае к югу, а в октябре к северу от эклиптики.

РАСПАД КОМЕТЫ БИЭЛЫ

Открытая в 1826 году австрийцем Биэлой комета имела период обращения 6,7 года. Было установлено, что эта комета появлялась на небе прежде в 1772 и в 1805 годах. Она снова появилась, как и предполагалось, в 1832 году, однако во время следующего ее предвычисленного появления в 1839 году комета не наблюдалась. Она была вновь найдена 26 ноября 1845 года де Вико в Риме. В начале следующего года, 13 января, было замечено, что комета раскололась на две части, и как бы две отдельные кометы продолжали двигаться рядом по небу. В конце марта менее яркая из них пропала из виду, а в конце апреля то же произошло и с более яркой.

В 1852 году в течение трех недель удалось проследить совместное движение этих

двух комет, удалившихся друг от друга уже на несколько большее расстояние, чем прежде. В следующий раз, то есть в 1859 году, наблюдение было невозможно из-за неудобного расположения комет относительно Солнца и Земли. Согласно предположительным расчетам положений обеих комет, условия для их наблюдений в следующий раз, в 1866 году, должны были быть благоприятными, однако кометы так и не удалось увидеть.

В 1872 году кометы также не наблюдались во время предполагавшегося прохождения перигелия, однако 27 ноября того же года был отмечен сильный «метеорный дождь» с радиантом в созвездии Андромеды. Резонно предположить, что комета Биэлы, распавшаяся на два осколка, продолжала распадаться все больше и больше, пока не рассеялось окончательно ее ядро, продолжая движение по орбите в виде «метеорных» остатков. Время от времени, когда Земля проходит вблизи ее прежней орбиты, наблюдается «метеорный дождь», который наблюдался и прежде — в 1798, 1803 и 1838 годах. Можно, видимо, предположить, что комета Биэлы погибла, оставив после себя метеорный поток созвездия Андромеды.

ДРУГИЕ МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Каждый год 4 января наблюдается довольно активный метеорный поток с радиантом в районе хвоста Большой Медведицы. Он носит название потока Квадрантид (от старого названия созвездия Большой Медведицы). В течение часа здесь можно отметить

свыше 60 ярких метеоров. Особенностью этого метеорного потока является очень короткое время его активности: он длится в лучшем случае 2—3 часа. Если наблюдать его в самом максимуме интенсивности, то можно отметить за час до 100 метеоров, но если начать наблюдение чуть позже максимума, то можно и вовсе ничего не обнаружить.

Следует отметить, что у Квадрантид не совпадают и моменты максимальной активности метеоров различной яркости: достаточно ярких, которые можно сфотографировать, метеоров обычного типа; метеоров, которые еще можно на пределе разглядеть невооруженным глазом, и, наконец, метеоров, которые можно увидеть лишь в телескоп. Все это указывает на то, что группы различных пылевых частиц, от сравнительно крупных до значительно более мелких, располагаются каждая в своей части общей орбиты, и моменты, когда Земля проходит эти различные участки, весьма различаются.

Наблюдения метеорного потока Квадрантид проводились в 1955 году на Токийской обсерватории и с нескольких постов наблюдения, расположенных в близлежащих районах. Удалось сделать фотоснимки около 30 метеоров, были определены орбиты их частиц, и выяснилось, что они имеют короткие периоды обращения — около 5 лет. Угол наклона орбит к эклиптике близок к 90° . Комета-прародительница этого потока до сих пор не отождествлена.

Существует также метеорный поток, активно проявляющийся каждый год во второй декаде декабря с радиантом в созвездии Близнецов. Комета-прародительница этого

потока Геминид тоже неизвестна. Его особенностью является очень короткий период обращения — всего 1,6 года, то есть меньше, чем у кометы Энке — самой короткопериодической кометы.

5 декабря 1957 года на японском научно-исследовательском судне, находившемся в Индийском океане, наблюдали неожиданный и очень сильный «метеорный дождь». Радиант этого метеорного потока находился в созвездии Феникса, на час приходилось до 100 ярких метеоров. Можно предположить, что прародительницей этого метеорного потока была комета Бланпэна, которая наблюдалась всего один раз — при прохождении ею перигелия в 1819 году.

СПОРАДИЧЕСКИЕ МЕТЕОРЫ

Среди метеоров, наблюдаемых на ночном небе, часто можно увидеть такие, которые не относятся к какому-либо метеорному потоку, и вызывающие их частицы движутся по своим индивидуальным орбитам. Такие метеоры называются случайными, или спорадическими (рис. 35). В ночное время в течение часа можно насчитать несколько таких метеоров, причем их число может возрасть во второй половине ночи.

Если просмотреть число случаев их появления в течение года, то можно заметить, что оно подвержено изменениям, и, в частности, увеличивается в период перехода от лета к осени. Это происходит вследствие того, что в окрестностях земной орбиты распределение «метеорного» вещества неравномерно.

Подавляющая часть метеоров слабые. Светящиеся же особенно ярко (ярче Венеры) имеют специальное название — болиды.

Для расчета орбиты частицы, вызывающей явление метеора, необходимо знать на-



Рис. 35. Фотография спорадического метеора

правление и скорость ее движения. В случае метеорного потока направление, по которому частицы приближаются к Земле, совпадает с направлением радианта потока. При наблюдении же отдельного метеора определить радиант только из одного места наблюдения невозможно. Однако если есть возможность одновременно наблюдать один и тот же метеор из двух пунктов, находящихся на расстоянии 50—100 километров друг от друга, можно определить направление движения «метеорной» частицы в атмосфере, используя триангуляционный метод.

Определив высоту точки начала свечения метеора и высоту точки его угасания, можно найти направление приближения «метеорной» частицы к поверхности Земли, а тем самым и радиант. Если имеется возможность разместить фотокамеры для фотографирования метеорного следа в двух пунктах наблюдения, радиант определяется с хорошей точностью. Желательно непосредственно перед линзой объектива поместить крыльчатку, вращаемую мотором, и тогда при непрерывном экспонировании, зная число оборотов винта, можно по пунктирному пути метеора на пленке определить скорость «метеорной» частицы.

Частица начинает светиться как метеор, находясь на высоте примерно 100 километров. Под влиянием земного притяжения ее скорость несколько возрастает, но затем из-за трения при движении в более плотных слоях атмосферы частица начинает разрушаться и при этом ее скорость падает. Наконец, когда частица находится на высоте примерно 50 километров, метеор угасает.

Чем больше скорость частицы, тем на большей высоте она начинает светиться как метеор, и тем скорее тот гаснет. Что же касается более медленных частиц, то бывает, что они начинают светиться как метеоры на высоте ниже 80 километров и достигают высоты около 30 километров от земной поверхности.

Падение же метеоритов на поверхность Земли возможно как раз в тех случаях, когда их сближение с Землей происходит «вдогонку» и, следовательно, скорость сближения минимальна. Повсеместно в различных странах земного шара осуществляются программы патрульных наблюдений неба с применением автоматических фотокамер с целью засечки болидов и дальнейшего поиска метеоритов.

Изучение данных о свечении метеоров способствовало исследованию верхних слоев атмосферы (ее температуры, плотности и т. д.). До запуска исследовательских ракет в верхние слои атмосферы эти наблюдения были едва ли не единственным источником информации такого рода.

РАДИОНАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ

При прохождении атмосферы пылевая частица ионизует молекулы воздуха, поэтому за ней остается след в виде ионизированного газа, который способен отражать радиоволны. Таким образом, используя радиолокатор, можно определить расстояние до метеорного следа. Теоретически это явление было предсказано известным японским физиком

Нагаока. В 1933 году, во время появления метеорного потока Леонид, профессор Нагаока получил и практическое доказательство своей идеи, произведя радиолокацию района неба, где проходил метеорный поток. Получившая развитие во время второй мировой войны радиолокация впоследствии стала активно использоваться, в частности и для радионаблюдений метеоров.

С помощью радиоволн метеоры могут быть отмечены и в дневное время, когда они совершенно ненаблюдаемы визуально, при этом могут быть засечены следы даже небольших частиц. Радиолокационный метод может быть использован как дополнительный источник информации о распределении метеорного вещества в Солнечной системе.

ПАДЕНИЕ МЕТЕОРИТОВ

Каковы же примерно размеры и масса «метеорной» частицы?

Метеор, видимый невооруженным глазом, как объект нулевой звездной величины, вызывается частицей массой около 1 грамма, а метеор, видимый как гораздо более слабый объект, скажем, 5-й звездной величины, — частицей массой около 0,01 грамма. Такие выводы можно сделать благодаря измерению скорости «метеорной» частицы при ее движении в атмосфере. Если удельный вес «метеорного» вещества принять равным единице, то размеры частицы, видимой как метеор нулевой звездной величины, будут около 1 сантиметра, а частицы, наблюдаемой как метеор 5-й звездной величины, — около 0,2 сантиметра.

Предполагают, что за сутки по всему земному шару в атмосферу влетает до 100 000 000 таких небольших пылевых частиц, общая же масса падающего на Землю «метеорного» вещества составляет за сутки примерно 1000 тонн. К счастью, толстый слой атмосферы надежно защищает Землю, и подобные явления практически не представляют опасности для жизни на Земле. Тем не менее нельзя быть и абсолютно спокойным на этот счет.

В США, в пустыне штата Аризона, есть кратер диаметром 1200 метров и глубиной около 175 метров (рис. 36). Еще живущие здесь индейские племена с незапамятных времен знали о существовании этого кратера, однако научные исследования его происхождения начались только в 1890 году. Вначале существовала версия о вулканическом происхождении этого кратера, однако в 1904 году Барринджер выдвинул гипотезу о происхождении кратера в результате падения



Рис. 36. Кратер от падения метеорита в пустыне штата Аризона

огромного метеорита. Неоднократно проводились работы по бурению дна кратера в поисках большого метеорита, но тот так и не был обнаружен. Однако в результате проведенных работ было также выяснено, что нет и никаких признаков исходящего из глубины земли жерла предполагаемого вулкана, а это определенно свидетельствовало в пользу метеоритной версии.

Подтверждением этой версии явилось и то, что вокруг кратера были найдены многочисленные осколки метеоритного железа и обнаружались минералы, изменившие свои качества под влиянием большого давления. Кроме того, были найдены следы полностью уничтоженного небольшого индейского племени, обитавшего в нескольких десятках километров от кратера. На основании всех этих фактов было высказано предположение, что кратер образовался примерно в XIII веке до нашей эры в результате падения на Землю гигантского метеорита диаметром около 25 метров со скоростью при падении около 17 километров в секунду.

С начала XX века Земля по крайней мере дважды сталкивалась со сравнительно крупными небесными телами. Первый раз это случилось 30 июня 1908 года, когда большой болид упал в верховьях реки Подкаменной Тунгуски в Центральной Сибири. Начиная с 1921 года проводились неоднократные исследования района падения болида. Было выяснено, что в окружности до 20—30 километров от центра был повален лес, но не было обнаружено ни воронки от падения метеорита, ни следов его самого.

Второй случай произошел 12 ноября

1947 года в районе горного хребта Сихотэ-Алинь, между Владивостоком и Хабаровском в советском Приморье. Тогда на Землю обрушился поток железных метеоритов. На площади диаметром 27 метров было обнаружено 122 метеорита, а общий вес всего собранного метеоритного железа составил 27 тонн.

Два этих события указывают на возможность столкновения Земли с каким-либо крупным небесным телом. Можно предположить, что в районе Подкаменной Тунгуски в Сибири произошло столкновение с ядром небольшой кометы. Что же касается происшедшего в районе горного хребта Сихотэ-Алинь, то здесь, так же как и в случае с катастрофой в аризонской пустыне, можно предположить падение на земную поверхность очень крупного метеорита.

На поверхности Земли известно еще не менее дюжины крупных кратерообразных воронок, которые можно предположительно считать результатом падения крупных метеоритов. К счастью, все они находятся в безлюдной местности. Вероятность падения на Землю таких крупных тел составляет один случай за несколько сот лет.

ПРАВИЛО ТИЦИУСА—БОДЕ И ОТКРЫТИЕ АСТЕРОИДОВ

При рассмотрении данных об орбитах отдельных «метеорных» частиц и метеоритов выясняется, что большая часть этих орбит имеет малый эксцентриситет и малый угол наклона. Таким образом, орбиты всех та-

ких тел заметно отличаются от орбит комет и скорее напоминают орбиты малых планет — астероидов.

До изобретения телескопа были известны только 5 планет — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. Кеплер, сравнивая расстояния от этих планет до Солнца, обратил внимание на то, что интервал между Марсом и Юпитером непропорционально велик. На основании этого он высказал идею о возможном существовании в этом интервале другой, еще не открытой, планеты.

Немецкий ученый Тициус обнаружил определенную закономерность в последовательности расстояний планет до Солнца. Он построил числовой ряд, в начале которого расположил числа 0 и 3, а затем каждое последующее число получалось удвоением предыдущего: 0, 3, 6, 12, 24...

Если прибавить к каждому члену первого ряда число 4, получится второй ряд: 4, 7, 10, 16, 28... Если принять теперь расстояние между Землей и Солнцем за 10, то, как видно из табл. 4, полученный числовой ряд хорошо описывает последовательность расстояний планет от Солнца. Величина среднего расстояния Урана, случайно открытого в 1781 году Вильямом Гершелем, также оказалась в хорошем согласии с этим правилом. Эта закономерность была опубликована в 1772 году Боде и получила название правила Тициуса — Боде.

В 1796 году по предложению фон Цаха 24 астронома приступили к поиску неизвестной планеты, которая согласно правилу Тициуса — Боде может находиться между Марсом и Юпитером. Если размеры неизвестной

Таблица 4

Правило Тициуса—Боде

Планеты	1-й чис- ловой ряд	2-й чис- ловой ряд	Среднее рассто- яние, а. е.
Меркурий	0	4	0,39
Венера	3	7	0,72
Земля	6	10	1,00
Марс	12	16	1,52
?	24	28	(2,77)
Юпитер	48	52	5,20
Сатурн	96	100	9,54
(Уран)	192	196	19,19
(Нептун)	384	388	30,07
(Плутон)	768	772	39,53

планеты малы и по внешнему ее виду на небе трудно провести различие между нею и звездой, то требовалось установить факт ее движения, наблюдая по несколько часов каждую из звезд. Для поисков было решено разбить полосу вдоль эклиптики на 24 участка и последовательно их исследовать.

Не входивший в эту группу поиска сицилийский ученый Пьяцци, занимаясь работой по составлению каталога звезд, в первую же ночь XIX века, 1 января 1801 года, обнаружил, что одна из звезд 8-й звездной величины в созвездии Тельца как будто бы чуть-чуть движется. После нескольких ночей наблюдения он окончательно удостоверился в факте ее движения и известил о своем открытии Боде. Из-за крайне медленного движения почтовых отправок в те времена

это сообщение достигло адресата, когда наблюдение нового небесного тела стало уже невозможным вследствие его приближения на небе к Солнцу.

По результатам наблюдений Пьяцци, проводившихся с 1 января по 11 февраля, немецкий математик Гаусс выполнил расчет орбиты нового небесного тела. Вместо применявшегося в то время обычного метода, основанного на результатах трех и более наблюдений, Гаусс впервые использовал метод наименьших квадратов, который давал высокую точность и основывался на использовании как можно большего числа экспериментальных величин.

Результаты расчета дали примерное положение нового объекта, и в самом конце этого памятного для астрономов года, 31 декабря, фон Цаху удалось пронаблюдать объект вторично. На протяжении всего следующего года это новое небесное тело наблюдал немецкий ученый Ольберс. Таким образом, была закрыта «брешь» в правиле Тициуса — Боде, и было установлено существование новой планеты. Планета была названа Церерой, по имени античной богини, покровительницы острова Сицилия.

Между тем Ольберс, проводя 28 марта 1802 года наблюдения, открыл неподалеку от Цереры еще одно небесное тело. После быстрого расчета его орбиты оказалось, что новый объект, подобно Церере, является планетой в промежутке между Марсом и Юпитером. Новую планету называли Палладой. После этих открытий Ольберс предположил, что, возможно, и Церера и Паллада являются лишь двумя из многих осколков,

на которые распалась под влиянием каких-то сил ранее существовавшая здесь планета.

Эта гипотеза основывалась на следующих соображениях. Обнаруженные тела уступали в своих размерах всем другим планетам. Орбиты обеих новых планет хотя и совершенно различались, однако имелись и места сближения. Яркость Паллады изменялась так, что напрашивалось предположение об отсутствии у нее сферической формы. Были и другие доводы в пользу этой гипотезы.

Основываясь на этих соображениях, Гардинг задумал создать карту звездного неба вдоль пояса эклиптики, чтобы облегчить поиск других осколков планеты. В процессе этой работы он 1 сентября 1804 года открыл новое небесное тело. После расчетов, сделанных Гауссом, было выяснено, что и это небесное тело имеет орбиту, близкую к орбитам Цереры и Паллады. Новую малую планету назвали Юноной.

Это открытие еще более убедило Ольберса в справедливости его предположения, и он с большим рвением принялся за поиски новых планет. И вот 28 марта 1807 года, то есть ровно через 5 лет после открытия Паллады, он открыл четвертую малую планету. Она была ярче предыдущих, и ее можно было разглядеть даже невооруженным глазом. Новая планета была названа Вестой.

Учитывая сравнительно небольшие размеры вновь открытых четырех планет, они были названы малыми планетами, или астероидами (что в переводе с греческого означает «звездоподобные». — *Прим. ред.*).

После открытия Весты поиски астероидов продолжались, и в конце концов они увенчались успехом: в 1845 году был открыт 5-й, а в 1847 году — 6-й астероиды. Затем каждый последующий год стали обнаруживать по крайней мере по одному новому астероиду. Многие открытия были сделаны благодаря завершению запланированного Гардингом звездного каталога и карты, а также благодаря завершению Бесселем новой карты звездного неба.

В 1891 году немецкий астроном Вольф стал первым, кто открыл астероид с помощью фотографии. Поскольку астероид за время экспонирования успевал в своем движении проделать определенный путь, на снимке это выглядело короткой линией, штрихом, вследствие чего он легко отличался от звезд. В результате резко возросло число открытий астероидов, и к концу 1976 года общее число обнаруженных астероидов составляло более 20 000. Среди них свыше 2000 имеют хорошо рассчитанные орбиты ³⁴.

В отличие от времени открытия Цереры сейчас чаще всего астероидам вместо названий просто присваивают регистрационный номер. Право присвоения названия, помимо номера, остается за открывателем астероида и за тем, кто произвел расчет его орбиты. Поскольку женские имена из античной мифологии были для этих целей постепенно

³⁴ На 1 ноября 1980 года элементы орбит рассчитаны для 2297 астероидов. — *Прим. ред.*

исчерпаны, для обозначения астероидов стали использовать названия обсерваторий, где были совершены открытия, или фамилии известных ученых. Нередко встречаются здесь и женские имена.

6 и 9 марта 1900 года на снимках, сделанных профессором Онкавой, были обнаружены два новых астероида. Поскольку всего по двум снимкам нельзя рассчитать орбиту, астероидам были присвоены временные индексы: 1900FE и 1900FF. В 1902 году швед Шарлье открыл новый астероид, временно обозначив его как 1902KU. В результате расчета его орбиты было выяснено, что это тот же астероид, что и 1900FF. Ему был присвоен порядковый номер 498 и собственное имя — «Токио».

Интересно, что астероид 1900FE также был переоткрыт, в 1912 году его обнаружил вновь Массингер, обозначив его временно как 1912NT. Ему был присвоен номер 727, а что касается названия, то по желанию профессора Хираямы он был назван Ниппония (от феминизированного «Ниппон» — Япония)³⁵.

³⁵ Весомый вклад в дело обнаружения и исследования астероидов внесли советские астрономы. В качестве примера можно привести достижения Т. М. Смирновой и Л. И. Черных, обнаруживших только за период 1968—1973 годы соответственно 17 и 11 новых малых планет (за эти достижения им были присуждены медали «За обнаружение новых астрономических объектов»). Среди названий астероидов много имен советских и русских ученых, общественных деятелей, композиторов, космонавтов, названий советских обсерваторий, республик, городов, рек, женских и мужских имен различных национальностей нашей страны и просто русских слов, таких, как «Дружба», «Комсомолня» и т. д. — *Прим. ред.*

Впоследствии на Токийской обсерватории (она, кстати, несколько раз в это время меняла свое местоположение) были открыты астероиды, которые также получили японские названия: Митака (№ 1088), Тама (№ 1089), Хаконэ Никко и т. д.

За последние годы новых ярких астероидов почти не было открыто. И вообще сейчас без камеры большого диаметра сделать новое открытие очень трудно. Однако можно предположить, что число астероидов до 20-й звездной величины, доступных 122-сантиметровой камере системы Шмидта на обсерватории Маунт-Паломар, достигает порядка 100 000.

ГРУППЫ АСТЕРОИДОВ

Орбита астероида характеризуется теми же шестью элементами, что и орбита кометы или планеты. Подавляющее большинство астероидов обладают орбитами с малым эксцентриситетом, то есть являются почти круговыми. Наклонение орбиты к плоскости эклиптики, как правило, никогда не превышает 15° . Если обратиться к статистическим данным о периодах обращения, то и здесь имеются определенные закономерности.

Рассмотрим их более подробно, но только вместо периода обращения в целях удобства воспользуемся средним суточным движением. Эта величина получается при делении $3548''$ на период обращения (выраженный в годах), что как раз дает усредненную величину углового перемещения планеты на ор-

бите за сутки ³⁶. Чем короче период обращения, тем больше эта величина и, наоборот, чем длиннее период обращения, тем эта величина меньше. Например, период обращения Юпитера равен 11,96 земных года, и поэтому его среднее суточное движение составляет 299"; период же обращения Земли равен 1 году, а среднее суточное движение — 3548".

На графике, представленном на рис. 37, по горизонтальной оси отложена величина среднего суточного движения, а по вертикальной — число астероидов. В области значений среднего суточного движения, близ-

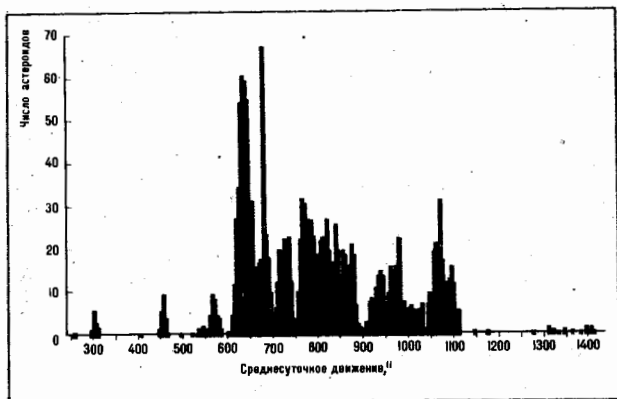


Рис. 37. Распределение астероидов по средним суточным движениям

³⁶ Величина 3548'' получается в результате деления числа угловых секунд в полной окружности ($1,296 \times 10^6$) на количество суток в году (365,25). — Прим. ред.

ких к $300''$, то есть к значению, характерному для Юпитера, находится около десятка астероидов. Эта группа астероидов носит название Троянцев. В следующем интервале значений среднего суточного движения нет ни одного астероида, и только у «отметки» $400''$ находится всего один астероид — Туле. Вблизи значения $450''$ (соотношение со средним суточным движением Юпитера составляет 3:2) имеется небольшая группа из 15 астероидов, называемая группой Гильды, в непосредственной близости от которой почти нет астероидов ни со стороны больших, ни со стороны меньших значений среднего суточного движения.

То, что значение среднего суточного движения Троянцев полностью совпадает с соответствующим значением для Юпитера, свидетельствует о совпадении орбит этих астероидов с орбитой Юпитера. Вообще говоря, это совпадение трудно объяснить чем-либо другим, кроме того, что орбиты Троянцев стали таковыми в результате больших возмущений со стороны Юпитера. Между прочим, было выяснено, что и сгущение этих астероидов, и Юпитер, и Солнце совершают свое движение, будучи как бы вершинами равностороннего треугольника. Интересно, что такое движение совпадает с особым решением задачи трех тел, найденным в 1774 году Лагранжем, исследовавшим эту одну из самых трудных задач в небесной механике. Так или иначе группа Троянцев сохраняет устойчивое положение по отношению к Юпитеру и с ним более не сближается.

Орбиты астероидов группы Гильды проходят внутри орбиты Юпитера и имеют слегка

вытянутую форму. Когда Солнце, группа Гильды и Юпитер находятся на одной линии, астероиды этой группы сильно сближаются с Юпитером. В это время астероиды группы Гильды проходят перигелий, после которого они удаляются от Юпитера. За время двух оборотов Юпитера вокруг Солнца астероиды группы Гильды совершают три оборота. В результате их сближение с Юпитером и происходит всегда в одном и том же месте — в перигелии их орбиты. Благодаря чему эти астероиды, не претерпевая сильного воздействия со стороны Юпитера, в течение долгого времени сохраняют свою стабильную орбиту.

Однако обратимся еще раз к рис. 37. Можно заметить, что у значений среднего суточного движения $600''$, $750''$ и $900''$ (составляющих соотношения со средним суточным движением Юпитера соответственно 2, 2,5 и 3) число астероидов совершенно незначительно. Это свидетельствует о том, что астероиды, имеющие соответствующие величины среднего суточного движения, из-за сильных возмущений со стороны Юпитера не могут долго удержаться на таких орбитах. На существование групп и пробелов («люков») в распределении астероидов американец Кирквуд указал еще в те времена, когда количество известных астероидов составляло всего 88 (рис. 36 составлен с учетом всех зарегистрированных астероидов вплоть до номера 1796). Впоследствии, несмотря на увеличение числа известных астероидов, все указанные им «люки» сохранялись.

Когда отношение величин среднего суточного движения небесных тел равно отношению простых целых чисел, орбиты этих тел

называют соизмеримыми. Тела, находящиеся на соизмеримых орбитах, сохраняют взаимное расположение в Солнечной системе.

ОСОБЫЕ АСТЕРОИДЫ

На рис. 37 около «отметки» среднего суточного движения $250''$ имеется астероид, который имеет номер 944 и называется Гидальго. Его орбита весьма специфична, ей свойственны следующие характеристики: период обращения 13,7 года, эксцентриситет 0,65, угол наклона $43,1^\circ$. В противоположность тому, что большая часть астероидов движется между орбитами Марса и Юпитера, перигелий Гидальго близок к орбите Марса, а афелий достигает окрестностей орбиты Юпитера.

Если судить только по форме орбиты Гидальго, то он похож на комету, однако даже в самые крупные телескопы так и не удалось заметить у него кому. Например, в 1975 году, когда Гидальго проходил перигелий, на Ликской обсерватории с помощью 3-метрового рефлектора сняли спектр этого астероида. Он оказался непрерывным спектром отраженных солнечных лучей, и характерная для спектров комет эмиссионная полоса циана в нем не обнаружилась.

Первым астероидом с особой орбитой стал открытый в 1898 году Виттом астероид № 433, получивший название Эрос. В результате наблюдений и произведенных уточнений в расчете орбиты выяснился удивительный факт: большая полуось этой орбиты равна 1.46 а. е., а среднее суточное

движение составляет 2015". Таким образом, Эрос никак не вписывается в график, на рис. 37 — в перигелии он заходит внутрь орбиты Марса, а бывает, что приближается и к Земле.

Расстояния Эроса от Солнца и от Земли почти точно соответствуют 1 а. е., что представляло довольно благоприятные условия для более точного определения этой единицы расстояний. Если смотреть на Солнце из двух пунктов на Земле, расположенных на севере и на юге, то возникает параллакс — направления наблюдения будут слегка различаться. Разница в направлениях наблюдений определяется углом при вершине треугольника, основанием которого служит расстояние между пунктами наблюдений. Получая из наблюдений этот угол и зная это расстояние, можно тем самым определить и расстояние между Землей и Солнцем. Причем половину этого угла называют солнечным параллаксом.

К сожалению, из-за чрезвычайной яркости Солнца нельзя провести точные измерения с помощью такого триангуляционного метода, и поэтому прибегают к несколько иной процедуре определения расстояния между Землей и Солнцем — используя законы Кеплера и измеряя расстояние от Земли до некоторого небесного тела, приблизившегося к ней, например Марса. Использование астероида Эрос, приближающегося к Земле еще ближе, чем Марс, было бы наиболее удобным для этих целей, чем и решили воспользоваться при определении солнечного параллакса.

Максимальное приближение Эроса к Зем-

ле — до расстояния около 20 миллионов километров — приходилось на 1900 и 1931 годы. В это время обсерватории всего мира согласно международной программе совместных наблюдений осуществляли измерения положений Эроса. Английские астрономы Спенсер и Джонс, проанализировав все полученные результаты, определили солнечный параллакс в $8,80''$. И хотя в настоящее время солнечный параллакс определяется также и совершенно другим методом — путем радиолокации Венеры, визуальное определение по-прежнему сохраняет свое значение.

В конце XIX века открытия астероидов следовали одно за другим с такой скоростью, что подчас не успевали определять их орбиты. Поэтому даже раздавались голоса в пользу того, чтобы ограничить число открываемых астероидов. Однако с открытием Эроса подобные предложения бесследно исчезли.

Сразу после открытия Эроса обнаружилась переменность его яркости. Поскольку изменения яркости носили неправильный, нерегулярный характер, ученые предположили, что это явление вызвано вращением Эроса вокруг собственной оси (поскольку постоянно должна меняться при этом площадь поверхности астероида, отражающая солнечные лучи к Земле). На рис. 38 показана кривая



Рис. 38. Кривая изменения яркости Эроса по годам

изменения яркости Эроса: по горизонтальной оси отложено время, а по вертикальной — блеск астероида в звездных величинах. Характерный период изменения яркости равен 2 часам 36 минутам, однако при более тщательном анализе выяснилось, что форма максимума яркости повторяется через два периода. Таким образом, действительный период равен приблизительно 5 часам 13 минутам.

Различие в блеске между максимумом и минимумом может достигать более 2 звездных величин. Но есть и периоды, когда эти различия становятся совсем незначительными. Тем не менее сохраняется общий период обращения, равный 5 часам 13 минутам. Это явление объясняется тем, что Эрос имеет цилиндрическую форму, а ось его вращения перпендикулярна продольной оси. В тот момент, когда направление оси вращения астероида и направление на Землю составляет угол 90° , с Земли поочередно видны то длинная, то короткая сторона Эроса, и изменение наблюдаемой части поверхности чрезвычайно велико. Когда же ось вращения Эроса совпадает с направлением на Землю, он все время виден с Земли как некое продолговатое тело, и поэтому не происходит изменений его блеска (поскольку не меняется видимая поверхность).

При возможных значениях коэффициента отражения света от поверхности Эроса и с учетом изменений яркости Эроса можно предположить, что размеры этой гигантской каменной глыбы составляют примерно $37 \times 15 \times 7$ км. Существует много других астероидов, обнаруживающих подобные изме-

нения яркости. Предполагают, что все они представляют собой гигантские каменные глыбы.

Впоследствии было открыто немало и других астероидов, обладающих весьма специфическими орбитами. Например, астероид Икар (№ 1566) имеет орбиту, проходящую в пределах орбит Земли и Венеры. Ее эксцентриситет составляет 0,83, и среди астероидов Икар обладает наиболее вытянутой орбитой. Среднее суточное движение Икара составляет значительную величину — $3170''$. Часть орбиты этого астероида проходит близко от орбиты Земли, расстояние между ними может составлять всего 1 500 000 километров. Когда Икар был обнаружен, он как раз находился в такой точке сближения с орбитой Земли. При этом он выглядел как объект всего лишь 15-й звездной величины, и поэтому можно предположить, что это очень небольшой астероид с радиусом около 500 метров.

В начале 1976 года американка Хелин открыла новый астероид, который имеет бо́льшую, чем Земля, величину среднего суточного движения — $3735''$, и, следовательно, период его обращения меньше 1 года. Безусловно, что подобных особых астероидов существует довольно много. Однако из-за того, что они очень редко приближаются к Земле, их невозможно заметить даже в самый мощный телескоп.

Обнаруженные в большом «провале» между Марсом и Юпитером астероиды, непрерывно увеличиваясь в числе, привели, наконец, к представлению о том, что в просторах Солнечной системы существует немало

небесных тел, которые в своем движении достигают орбиты Земли, а возможно, и орбиты Меркурия.

ЗОДИАКАЛЬНЫЙ СВЕТ И ПРОТИВОСИЯНИЕ

Зодиакальный свет, видимый вдоль эклиптики от линии горизонта перед восходом и после захода Солнца, обусловлен рассеянием солнечных лучей микроскопическими частицами, распыленными в плоскости эклиптики. Измерения яркости Зодиакального света с помощью электронно-лучевой трубки в различных участках спектра, вырезаемых интерференционно-поляризационными светофильтрами, показали, что цвет Зодиакального света совершенно тождествен солнечному, а поляризация составляет примерно 20%.

Предполагается, что размер частиц, ответственных за явление Зодиакального света, достигает нескольких микрометров. Эти частицы, находясь на различных орбитах и сталкиваясь между собой, постепенно должны выпадать на Солнце. Следовательно, где-то должен существовать источник возникновения этого микроскопического вещества, восполняющий потери при падении на Солнце, и первыми кандидатами в эти источники являются кометы.

Зодиакальный свет становится ярче по мере приближения к Солнцу, однако мы не можем его наблюдать ниже линии горизонта, то есть непосредственно вблизи Солнца. Во время полного солнечного затмения, ко-

торое японский астроном Хонда наблюдал на острове Хоккайдо в 1936 году, он заметил невооруженным глазом, что внешняя часть видимой солнечной короны как бы сливается с Зодиакальным светом.

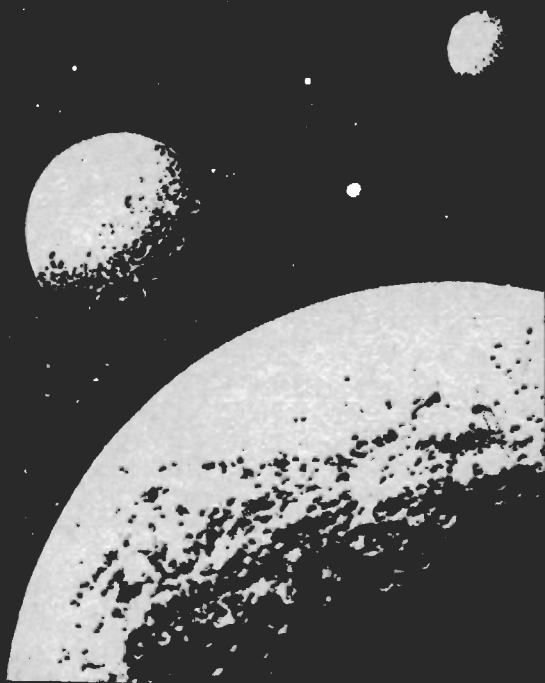
Ранее мы уже упоминали о том, что полоса Зодиакального света следует вдоль эклиптики. Эта полоса несколько расширяется в месте, диаметрально противоположном положению Солнца; она выглядит здесь неким яйцеобразным утолщением размером $1 \times 2^\circ$. Это явление носит название противосияния. На него впервые обратил внимание в 1855 году Брорсен. Барнард, проводивший свои визуальные наблюдения, также независимо открыл это явление. После него остались записи продолжительных и непрерывных наблюдений этого явления, источником которого он считал земную атмосферу.

Гипотезы земной атмосферы придерживались также и некоторые другие ученые. В связи с этим представляет интерес гипотеза советского ученого В. Г. Фесенкова, согласно которой внешняя часть земной атмосферы выдается в сторону, противоположную Солнцу, имея вид некоего хвоста. Хотя с помощью такой точки зрения довольно легко объяснить так называемый ложный зодиакальный свет, видимый на рассвете в западной стороне горизонта, гипотеза Фесенкова все же во многом противоречит результатам наблюдений Зодиакального света и противосияния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

И



ЗАГАДКА ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОМЕТ

Малые тела Солнечной системы — кометы, астероиды, «метеорные» частицы и т. д. — представляют собой поистине ничтожную часть массы Солнечной системы. Если принять полную массу всех тел Солнечной системы за 100%, то на долю Солнца придется 99,866% от этого общего количества, на долю девяти больших планет — еще 0,134%, а остальным (табл. 5) можно, как говорят математики, пренебречь. Следует, однако, отметить, что число малых небесных тел необычайно велико, и их нельзя исключить при рассмотрении строения и эволюции Солнечной системы.

В настоящее время существуют различные взгляды и теории относительно происхождения Солнечной системы и ведутся острые дискуссии по этому поводу. Вероятно, победу одержит та научная теория, которая смо-

Таблица 5

Распределение тел Солнечной системы
по массам

Небесные тела	Суммарная масса, %
Солнце	99,866
Планеты	0,134
Кометы	0,000 3
Случайная планета	0,000 01
Астероиды	0,000 000 1
«Метеорные» вещества	0,000 000 000 001

жет объяснить существование этих бесчисленных и ничтожно малых небесных тел, и прежде всего комет. Для этого необходимо иметь более полные и точные данные об истинных свойствах небесных тел, однако «истинная сущность» этих объектов, особенно комет, до сих пор окружена глубокой тайной.

По мнению голландского ученого Оорта, в далеких участках Солнечной системы, на расстоянии от Солнца до 50 000 а. е., находится некое скопление комет, или «кометное облако». Это облако состоит из кометных ядер численностью до 100 миллиардов. Часть комет из внешнего слоя этого скопления под влиянием притяжения встречающихся звезд время от времени покидает пределы Солнечной системы, другая же часть под действием притяжения Солнца начинает к нему двигаться. Ядра комет, достигающих центральной части Солнечной системы, могут быть наблюдаемы с Земли, некоторые из них захватываются планетами, попадая в зону их притяжения, и превращаются в периодические кометы.

В ядре кометы, как предполагает Уипл, в замерзшем состоянии находятся вода, метан, аммиак, двуокись углерода и т. д. (в частности, частицы железа, никеля, кремниевой кислоты). На расстоянии около 3 а. е. от Солнца вода и аммиак начинают испаряться и вместе с другими вытекающими из ядра частицами формируют кому. Испаряющиеся частицы под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца распадаются, и флуоресценция их «осколков» проявляется в виде светлых линий в спектре.

Ядро кометы имеет собственное вращение подобно вращению Земли и других небесных тел. Реактивная энергия газа, покидающего ядро, вместе с энергией вращения кометы вокруг своей оси оказывает влияние на движение кометы по орбите. Следовательно, на комету, кроме силы притяжения Солнца, оказывают влияние другие силы, не имеющие отношения к силе притяжения. Из-за этих «негравитационных эффектов» орбита кометы становится неустойчивой, и поэтому весьма трудно предсказывать возвращение периодических комет.

Существуют кометы, которые трудно отличить от астероидов, если ограничиваться только формой орбиты. Предполагают, что в таких случаях может, в частности, помочь следующий факт: кометы могут приближаться к Юпитеру, а астероиды нет. В состав вещества комет входят ацетонитрил и цианистый водород, эти же вещества наблюдаются в том или ином количестве в далеких облаках межзвездного пространства, поэтому существует мнение, что источник возникновения комет следует искать за пределами Солнечной системы.

Все эти теории и гипотезы, по сути дела, весьма умозрительны, и поэтому ничего не остается, как ожидать результатов дальнейших наблюдений и исследований. Решению многих вопросов могло бы способствовать проведение большого объема разнообразных наблюдений методами современной радиоастрономии.

Кроме того, всерьез поговаривают о возможности запустить космический аппарат для встречи с какой-либо кометой, хотя по-

прежнему важными являются и наблюдения, ведущиеся с Земли. Безусловно, желательно объединение и согласование усилий не только научных кругов, но и астрономов-любителей для получения новых данных о кометах. Нельзя также пренебрегать наблюдениями и изучением таких малых небесных тел Солнечной системы, как астероиды и метеориты, являющихся «родственниками» комет. Это необходимо как важное средство для решения загадки происхождения Солнечной системы.

И все эти наблюдения и исследования можно рассматривать и как своеобразную репетицию, подготовку к встрече кометы Галлея, наблюдение возвращения которой предполагается начать в 1984 году.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аберрация

сферическая 182

хроматическая 177, 178

Азимут 190

Астероиды 295—306

Веста 295

Гидальго 220, 302

Гильды 299

Икар 306

Паллада 294

Трояны 299

Церера 293, 294

Эрос 302—305

Юнона 295

Бинокль

база 172

зрачок 174

кратность 174

правила хранения 176, 177

призмный 172

проверка качества 175, 176

театральный 164

Взаимозаместимости закон 272, 273

Глаз человека 149

астигматизм 157, 158

близорукость 156

дальнозоркость 156

острота зрения 151—153

раскрыв зрачка 169

сетчатка 150—152

цветоразличие 154, 155

Дифракция 165

Звездная величина 146, 147

визуальная 148

фотографическая 148

Зодиакальный свет 86, 307, 308

противосияние 308

Каталоги

«Боннское обозрение» 193

«Карта неба» 196—198

«Кордобское обозрение» 194

Марседена 13, 14, 211, 214

Мессье 51

Немецкого общества (AGK) 195, 199

Кирквуда пробелы 301

Комета

Бизэлы 281, 282

Веста 36, 37, 46, 47, 219

Галлея 6, 12, 13, 48—51, 58, 228

Джакобини-Циннера 42—45

Икейя—Секи 72—74

Когоутека 38—42, 231—234

Кроммелина 53—55

Неуймниа 1 219

Тейлора 219

Швассмана—Вахмана 1 215, 236—240

Энке 51—53

Кометы

голова 217—222

кома 21, 217, 220—222

методика поиска 119—124

«молодые» 19, 241

«иовые» 19, 241

обозначение 64, 65

определение положения 194, 200—204

переоткрытие 80

расчет орбиты 204—211

семейства 14, 214
«старые» 19, 242
хвост 22, 217, 222—229
химический состав 23
ядро 18, 20, 217—219

Линзы

апохромат 250
ахромат 244
глазная 171
объектив 161
очки 159
поля 171
Росса 266

Метеориты 278

Метеорный поток 278

Аквариды 281
Геминиды 284
Леониды 280
Квадрантиды 282, 284
Ориониды 281
Персенды 279
радиант 279,

Метеоры 278—289

спорадические 284—286

Наилучшего видения расстояние 157

Оорта облако см. Эпика—Оорта облако

Опорная звезда 200

Паразитные изображения 124—128

Показатель цвета 148

Полюс мира 190, 191

Прямое восхождение 191

Равноденствия точка 191, 192

- Синдинама 225
- Синхрона 225
- Системы координат
 - галактическая 193
 - горизонтальная 189
 - экваториальная 190
 - эклиптическая 191
- Склонение 191
- Солнечный ветер 227
- Стекломатериалы
 - кронглас 244
 - курцфлинт 250
 - пирекс 255
 - ситалл 257
 - флинтглас 244, 245
 - химический состав 159, 244
- Сумерки 128—132
 - астрономические 129
 - гражданские 129
 - навигационные 129
- Телескопов системы
 - Галилея 163
 - Гершеля 184, 185
 - Грегори 182, 185
 - Кассегрена 183, 185
 - Кеплера 166—168
 - Максутова 268
 - Ньютона 181, 185
 - Шмидта (камера) 266
- Телескопы
 - ведение 256
 - «воздушные» 179
 - зеркальные (рефлекторы) 180
 - зрачок 162, 169
 - кратность увеличения 163—165
 - относительное отверстие 252

проницающая сила 257
разрешающая способность 163, 166
светосила 252
фотографические 196
экваториальная монтировка 262
Тициуса—Боден правило 292, 293
«Тунгусский метеорит» 290, 291

Угол места 190

Фотографические методы 258—261

Фотоматериалы

дагеротип 258

мокрая пластинка 271

ортохром 271

панхром 271

эмульсия 271

Фотоумножитель 276

Фотоэффект 274

Фраунгоферовы линии 246

Эклиптика 192

Экспозиции величина 272

Экспонирования время 272

Элементы орбиты

афелийное расстояние 213

восходящий узел 208

наклонение 208

нисходящий узел 208

перигелийное расстояние 207

период 208

среднесуточное движение 208, 298

эксцентриситет 206

Эпика—Оорта облако 15, 311

Ясного видения точка 155

Контиро Томита

БЕСЕДЫ О КОМЕТАХ

Перевод с японского М. И. Коновалова

Гл. отраслевой редактор **Л. А. Ерлыкин**

Редактор **Е. Ю. Ермаков**

Мл. редактор **Г. И. Родкина**

Оформление художников **В. И. Пантелеева,**

Э. Н. Ахтырской, В. Н. Конюхова

Худож. редактор **Т. С. Егорова**

Техн. редактор **Л. А. Солнцева**

Корректор **Н. Д. Мелешкина**

ИБ № 3055

Сдано в набор 11.12.81. Подписано к печати 06.07.82. Формат бумаги 75×90¹/₃₂. Бумага офсетная № 2. Гарнитура школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,5. Усл. кр.-отт. 25,31. Уч.-изд. л. 11,73. Тираж 60000 экз. Заказ Д-462. Цена 60 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 827722. Типография издательства Тат. ОК КПСС. г. Казань, ул. Декабристов, 2.

БЕСЕДЫ О КОМЕТАХ

НЕОБЫЧНЫЙ ВИД КОМЕТ НА НЕБЕ, С ХВОСТАМИ, ТЯНУЩИМИСЯ ЧЕРЕЗ ВЕСЬ НЕБОСВОД, ВОЗМОЖНОСТЬ СТОЛКНОВЕНИЯ ЭТИХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ С ЗЕМЛЕЙ, КАК ЭТО, ПО-ВИДИМОМУ, БЫЛО В СЛУЧАЕ „ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА“, — ВСЕ ЭТО ВЫЗЫВАЕТ ПРИСТАЛЬНЫЙ ИНТЕРЕС У ЛЮДЕЙ К КОМЕТАМ, К ИХ ПРИРОДЕ И КО ВСЕМУ, ЧТО СВЯЗАНО С НИМИ. ЗАГАДОЧНОСТЬ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОМЕТ, НЕОБЫЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫЕ В КОСМИЧЕСКУЮ ЭПОХУ, ЯВЛЯЮТСЯ ПРИЧИНОЙ ДЛИТЕЛЬНОЙ ДИСКУССИИ У СОВРЕМЕННЫХ АСТРОНОМОВ. ОБ ИСТОРИИ НАБЛЮДЕНИЙ КОМЕТ, ПРИРОДЕ И СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯХ ОБ ИХ ПРОИСХОЖДЕНИИ ПОПУЛЯРНО РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИГЕ ИЗВЕСТНОГО ЯПОНСКОГО АСТРОНОМА, ПРОФЕССОРА К. ТОМИТЫ, КОТОРАЯ, НЕСОМНЕННО, С ИНТЕРЕСОМ БУДЕТ ПРОЧИТАНА ЧИТАТЕЛЕМ.

ЗНАНИЕ